



Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO₂ producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto

M^a del Pilar Mercader Moyano
Sevilla 2010

Dr. D. Manuel Olivares Santiago
Dr. D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS I

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

TOMO I



**Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones
de CO₂ producidas en las construcciones de Andalucía
y sus implicaciones en el protocolo de Kioto**

**M^a del Pilar Mercader Moyano
Sevilla 2010**

**Dr. D. Manuel Olivares Santiago
Dr. D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo**

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS I

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

TOMO I

A Daniel, por estar siempre a mi lado en todas y cada una de mis decisiones

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar en estas líneas mi sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado en el desarrollo de este trabajo, que por suerte han sido muchas. Especialmente a mis directores de tesis, Antonio Ramírez de Arellano y Manuel Olivares, por creer en mí, por su paciencia en las correcciones y por darme el ánimo necesario en los momentos de crisis.

A Jaime Navarro, Juan José Sendra y Eduardo Mosquera, por guiar mis pasos hacia el Master Oficial donde se fraguó la presente tesis y apoyarme cuando les necesité.

A la Gerencia de Urbanismo de Sevilla y en especial al personal del Servicio de Licencias Urbanísticas, al personal encargado de los archivos municipales y a Nacha Camino, por su inestimable ayuda y dedicar su tiempo a enseñarme el manejo de los programas informáticos necesarios para la determinación de la Construcción Habitual en Sevilla.

Al Departamento Técnico de EMVISESA, representado por Manuel V. Burgos y Ana Isabel Rodríguez, por facilitarme la información necesaria de la construcción de VPO en Sevilla y sus autores.

A todos los arquitectos y arquitectos técnicos autores de los proyectos de ejecución del SUP-PM-6 PINO MONTANO, que han prestado sus proyectos de ejecución para el desarrollo de la presente investigación y en especial a Enrique Taviel y Andrade y al jefe de obra Antero Gallego, por permitir nuestra intromisión en la dirección y ejecución de sus obras.

Al profesor Albert Cuchí Burgos, por su generosidad y apoyo a la investigación realizada, iniciándome en el manejo de programas informáticos medioambientales.

A Antonio Ortiz Leyva, por su ayuda en la traducción del catalán.

A Jaime Solís y M^a Victoria de Montes, por su estímulo constante y por enseñarme el significado de la palabra compañerismo.

A todos y cada uno de mis alumnos colaboradores, por transmitirme su entusiasmo, especialmente a Sergio, Jose, Carlos y Máximo.

A mi familia, por cuidar de Daniela para que pudiese dedicarme a mi sueño y en especial a José Ruesga por soportar mis exigencias en el diseño de la portada que con tanto esmero ha realizado.

A mis amigos, por entender mis horas de dedicación y posponer nuestra relación a la finalización de este trabajo.

A Daniela, por hacerme ver lo que realmente importa.

A todos y cada uno de vosotros y a aquellos que sin intención pudiese haber olvidado,
GRACIAS POR HACERLA POSIBLE.

INDICE

TOMO I:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
A. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	3
B. ACERCA DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	4
C. OBJETIVOS.....	5
D. METODOLOGÍA.....	5
E. CONTENIDO DE LA TESIS.....	6
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	9
2.1. ANTECEDENTES.....	11
2.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA TESIS..	16
2.2.1. Investigación.....	16
2.2.2. Programas y herramientas de cálculo.....	19
2.2.3. Bases de datos de impacto ambiental.....	23
2.2.4. Proyectos y trabajos.....	24
2.2.5. Conclusiones.....	33
2.3. DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES UTILIZADOS.....	34
3. OBJETIVOS.....	37
4. METODOLOGÍA.....	43
5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
ETAPA 1.....	53
ETAPA 1.1. Situación sector construcción.....	55
ETAPA 1.2. Definición del Modelo Constructivo Habitual (MCH).....	63
ETAPA 1.3. Elección de la muestra.....	76

ETAPA 2.....	87
ETAPA 2.1. Homogeneización de las mediciones.....	91
ETAPA 2.2. Conversión en cantidades por m ² construido.....	95
ETAPA 2.3. Normalización.....	96
ETAPA 3.....	103
ETAPA 3.1. Determinación de componentes representativos de la muestra...	106
ETAPA 3.2. Caracterización de variables representativas de la muestra.....	116
ETAPA 3.3: Consumo energético y emisiones de CO ₂ por componente básico material.....	119
ETAPA 3.3.A: Consumo energético por componente básico material.....	131
ETAPA 3.3.B: Emisiones de CO ₂ por componente básico material.....	131
ETAPA 4.....	135
ETAPA 4.1. Consumo energético y emisiones de CO ₂ por m ² construido.....	138
ETAPA 4.1.A: Consumo energético por m ² construido.....	144
ETAPA 4.1.B: Emisiones de CO ₂ por m ² construido.....	144
ETAPA 4.2: Coeficientes de Relación entre Imágenes.....	145
6. CONCLUSIONES.....	163
a. Relacionadas con el modelo de cuantificación generado.....	165
b. Relacionadas con la aplicación del modelo de cuantificación al MCH en Sevilla.....	166
c. Líneas de Investigación.....	167
d. Transferencia de los resultados de la investigación.....	168
7. NOMENCLATURA.....	171
8. DICCIONARIO DE TÉRMINOS.....	177

9. BIBLIOGRAFÍA.....	195
9.1. Bibliografía consultada.....	199
9.2. Bibliografía relacionada.....	227
9.3. Bibliografía generada.....	245
CD.....	251

TOMO II:

ANEXOS

ANEXO I. Fichas de características constructivas de los proyectos estudiados.

ANEXO II. Planimetría de un proyecto tipo de la muestra, proyecto P4.

ANEXO III. Reportaje fotográfico de la ejecución del proyecto P4.

ANEXO IV. Matriz de cantidades en unidades de medida origen.

ANEXO V. Conversión en cantidades por m² construido.

ANEXO VI. Coeficientes de transformación.

ANEXO VII. Matriz de cantidades normalizadas.

ANEXO VIII. Coeficiente de Participación en la Matriz de cantidades normalizadas.

ANEXO IX. Normas de aplicación

ANEXO X. Matriz Derivada de CBMs representativos

ANEXO XI. Matriz de Valores Estadísticos: Valores Relativos

ANEXO XII. Matriz de Equivalencias de Datos ambientales

ANEXO XIII. Matriz de Datos Ambientales del MCH

ANEXO XIV. Matriz de Datos Ambientales de la Imagen de Referencia del MCH por m² construido.

ANEXO XV. Matriz que define el perfil de la Imagen Original del MCH.

ANEXO XVI. Matriz de resultados finales: Peso, consumo energético y emisiones de CO₂ por m² construido del MCH

INDICE DE GRÁFICOS, TABLAS Y FIGURAS

Se muestra a continuación la relación de todos los gráficos, tablas y figuras que aparecen en el desarrollo de la presente tesis doctoral, numeradas por orden de aparición en cada uno de los capítulos.

2. Estado de la Cuestión.

Figura 2.1. “Organigrama del desarrollo del capítulo”

Figura 2.2. “Relación entre la pirámide de Maslow y Sostenibilidad”

Figura 2.3. “Evolución en la investigación del consumo energético y emisiones de CO₂ en edificación”

Figura 2.4. “Evolución de la cuantía económica invertidos en proyectos de investigación relacionados con el consumo energético y emisiones de CO₂ en edificación”

Tabla 2.5. “Programas y herramientas de evaluación de edificios y los impactos que analizan”

Figura 2.6. “Valores de consumo energético y emisiones de CO₂ obtenidas a través de diferentes fuentes”

3. Objetivos.

Figura 3.1. “Jerarquía de objetivos”

4. Metodología.

Figura 4.1. “Esquema metodológico”

5. Desarrollo de la investigación.

ETAPA 1

Figura 5.1. “Esquema metodológico etapa 1”

Tabla 5.2. “Número de licencias concedidas a edificios de nueva planta según tipo de obra.”

Tabla 5.3. “Número de edificios según tipo de obra: de nueva planta residencial destinados a

vivienda familiar por comunidades autónomas”

Tabla 5.4. “Número de edificios de nueva planta residenciales destinados a vivienda familiar por provincias en Andalucía”

Tabla 5.5. “Número de viviendas según el nº de plantas sobre y bajo rasante del edificio en la Comunidad Autónoma de Andalucía y sus Provincias”

Tabla 5.6. “Tipología constructiva de los edificios residenciales de nueva planta, a nivel nacional, por comunidad autónoma y en Sevilla”

Figura 5.7. “Porcentajes de ejecución de los diferentes tipos de la edificación más representativa a nivel nacional y en Sevilla”

Figura 5.8. “Elaboración propia. Ficha de características constructivas de la edificación”

Tabla 5.9. “Elaboración propia. Resumen del año 2003 de las licencias concedidas en la ciudad de Sevilla para edificios residenciales de nueva planta”

Figura 5.10. “Resumen año 2003 de los tipos de edificios más usuales en Sevilla”

Figura 5.11. “Resumen año 2003 de los porcentajes de superficie construidas consumidas por los tipos de edificios más usuales construidos en Sevilla, en función del número de plantas que lo constituyen”

Figura 5.12. “Esquemas más usuales de ocupación en la parcela de los edificios de Sevilla constituidos por PB+1 y PB+3+S

Tabla 5.13. “Tipología constructiva de los edificios de nueva planta y uso residencial en la ciudad de Sevilla de los dos modelos estudiados”

Tabla 5.14. “Tipología de los edificios de nueva planta y uso residencial destinados a VPO que solicitaron licencia de obras entre los años 2003-2007 en Sevilla”

Figura 5.15. “Porcentaje del número de edificios destinados a VPO en Sevilla, en función del número de plantas sobre rasante correspondiente a los años 2003-2007”

Figura 5.16. “SUP-PM-4 SAN JERÓNIMO ALAMILLO”

Figura 5.17. “SUNP-AE-1, POLIGONO AEROPUERTO”

Figura 5.18. “SUP-GU-4 BERMEJALES SUR”

Figura 5.19. “Esquema de desarrollo del SUP-PM-6 PINO MONTANO”

Figura 5.20. “Esquema de desarrollo del SUP-PM-6 PINO MONTANO”

Figura 5.21. “Manzanas estudiadas del SUP-PM-6 PINO MONTANO”

ETAPA 2

Figura 5.22. “Esquema metodológico etapa 2”

Figura 5.23. “Listados de la cantidad de recursos materiales consumidos en cada proyecto, procedente de la herramienta informática utilizada y la aplicación al proceso del BCCA.”

Figura 5.24. “Matriz de cantidades”

Figura 5.25. “Matriz de cantidades por m² de superficie construida”

Figura 5.26. “Relación de los Coeficientes de transformación (Ct) para los CBMs de la muestra”

Figura 5.27. “Matriz de cantidades normalizadas”

ETAPA 3

Figura 5.28. “Esquema metodológico etapa 3”

Figura 5.29. “Coeficiente de Participación en la matriz de cantidades normalizadas”

Figura 5.30. “Matriz Derivada de CBMs representativos”

Figura 5.31. “Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos”

Figura 5.32. “Consumo energético y emisiones de CO₂ por materiales en su proceso de fabricación”

Figura 5.33. “Imagen de Referencia: Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos”

Figura 5.34. “Matriz de equivalencias de datos ambientales”

Figura 5.35. “Matriz de Datos Ambientales del MCH”

ETAPA 4

Figura 5.36. “Esquema metodológico etapa 4”

Figura 5.37. “Imagen de Referencia: Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos”

Figura 5.38. “Base de Datos Ambientales del MCH”

Figura 5.39. “Matriz de Datos Ambientales de la Imagen de Referencia del MCH por m² construido”

Figura 5.40. “Distancia (δ) entre imágenes”

Figura 5.41. “Construcción del perfil IO en la dimensión Consumo energético a partir del perfil correspondiente a la IR y la distancia δ_1 ”

Figura 5.42. “Construcción del perfil IO en la dimensión Emisiones de CO₂ a partir del perfil correspondiente a la IR y la distancia δ_2 ”

Figura 5.43. "Matriz que define el perfil de la Imagen Original del MCH"

Figura 5.44. "Matriz de resultados finales: Peso, consumo energético y emisiones de CO₂ por m² construido del MCH"

Figura 5.45. "Representación del peso en el MCH de los principales CBMs consumidos"

Figura 5.46. "Representación de los CBMs que suponen un mayor consumo energético en el MCH"

Figura 5.47. "Representación de los CBMs que suponen mayores emisiones de CO₂"

6. Conclusiones.

Figura 6.1. "Repercusión de los resultados en el ámbito internacional"

1. INTRODUCCIÓN

A. CONSIDERACIONES PREVIAS

Las actividades de construcción intervienen en el medio ambiente natural, utilizando los recursos de la naturaleza mediante la explotación de canteras y bosques, consumiendo gran cantidad de energía para su transformación en producto de construcción, modificando las tierras para la implantación de los edificios y finalmente depositando en el ambiente desechos y emisiones durante y al final del ciclo de vida de los productos y obras, con la consiguiente polución atmosférica. Todo ello hace que el discurso sobre la sostenibilidad, desde el ámbito de la arquitectura, descansa a menudo en una valoración sobre el impacto de los materiales de construcción empleados en la ejecución del edificio y la energía consumida durante su uso.

Entendiendo la sostenibilidad, como la capacidad de obtener, utilizar, mantener y preservar los recursos que nos proporciona el medio ambiente y legarlo a las generaciones futuras en condiciones de calidad, los arquitectos como agentes intervinientes en el proceso constructivo, considerados en ocasiones gestores de recursos, somos responsables de construir esas ciudades futuras manteniendo los recursos de los que disponemos en la actualidad, satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades y exigencias de las generaciones presentes.

Parece oportuno, siguiendo esta línea de compromiso ambiental, investigar sobre los recursos materiales que configuran los elementos constructivos que definen las edificaciones más habituales de nuestro entorno próximo, Sevilla. De esta forma conoceremos las exigencias que las generaciones presentes requieren a las construcciones en las que habitan, desde la óptica de los recursos materiales empleados en su ejecución, a fin de cuantificar el impacto que producen y dejar líneas abiertas encaminadas a preservar el legado más valioso, la naturaleza.

Estudios realizados por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) nos muestran que cerca de una tercera parte de la energía precisada en nuestro país está ligada directamente a la edificación, por un lado la consumida en la fabricación de los materiales con los que construimos nuestros edificios y por otro, para mantener las condiciones de habitabilidad derivadas del uso que albergan. Otros estudios¹ realizados durante el año 2005 nos revelan, que la construcción de viviendas en España habría supuesto la emisión de cerca de tres cuartos de tonelada de CO₂ por cada español, generada por la fabricación de los materiales que las conforman,

¹ CUCHÍ, A., WADEL, G., “*Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas*”. Fundación Gas natural, Barcelona, España. 2007.

lo que junto a las emisiones derivadas del uso de energía de las viviendas, en conjunto supondrían casi un 20% del total de las emisiones producidas por nuestro país.

Es evidente que los materiales que utilizamos para la construcción de nuestros edificios son responsables de los impactos más relevantes que se producen en el medio, consecuencia de un excesivo consumo energético y de la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases contaminantes.

El reconocimiento de la importancia que tienen los aspectos técnicos en la configuración de una respuesta a la demanda de la sostenibilidad, la asunción de nuestra responsabilidad como arquitectos, gestores de recursos en el proceso constructivo, junto a la ilusión por trabajar en el campo del consumo energético y las emisiones de CO₂, desde la óptica de la fabricación de los recursos materiales empleados en construcción, hicieron posible aunar los esfuerzos y desarrollar la presente tesis doctoral, para aportar nuestro grano de arena hacia la vía de la sostenibilidad. Como sostiene J.E. Cohen:

“Nadie conoce cuál es la vía hacia la sostenibilidad porque nadie sabe cuál es el punto de destino, si lo hay. Pero sí sabemos mucho de lo que podríamos hacer hoy para lograr un mañana que sea mejor de lo que sería si no sacamos provecho de nuestros conocimientos. Como hizo notar el economista Robert Cassen: Lo que debe hacerse por razones demográficas, debería hacerse de todas formas por otras razones²”.

B. ACERCA DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN

En los últimos años, diversos centros de investigación, organismos e instituciones intentan hacerse eco de esta actitud activa ante el problema de la sostenibilidad desde la arquitectura, mediante la investigación, creación y desarrollo de propuestas, modelos y programas informáticos de análisis y evaluación, que nos permiten obtener información sobre el comportamiento medioambiental de los edificios; no conociendo hoy día ninguna metodología de cálculo, al alcance de cualquier agente de la edificación, que permita cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ de las construcciones más habituales desarrolladas en Sevilla, desde la óptica de la fabricación de sus materiales constitutivos, cuya aplicación se establece con el deseo de configurar una Imagen de Referencia sobre la que comparar otras investigaciones y elaborar propuestas unificadas de mejora ambiental.

² COHEN, Joel E., “*Tendencias Demográficas*”, Investigación y Ciencia, nº. 350 (Nov. 2005), p.17.

C. OBJETIVOS

En concordancia con los argumentos previos planteados, el objetivo principal debe ser la construcción de un Modelo dirigido a la *CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y LAS EMISIONES DE CO₂ EN EL MODELO CONSTRUCTIVO HABITUAL EN SEVILLA, DERIVADAS DE LOS RECURSOS MATERIALES EMPLEADOS EN SU EJECUCIÓN.*

Al recorrer el camino para lograr la meta propuesta, descubrimos la necesidad de conseguir otros objetivos complementarios, ordenados en cuatro niveles jerárquicos, atendiendo a la prioridad temporal en su consecución:

Nivel 1: Seleccionar una muestra de edificios representativos de la edificación de viviendas de protección oficial en Sevilla, que denominaremos Modelo Constructivo Habitual (MCH).

Nivel 2: Cuantificar los recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH.

Nivel 3: Determinar el consumo energético y las emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de los componentes básicos materiales (CBMs) implicados en la ejecución del MCH.

Nivel 4: Cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ en el MCH por m² de superficie construida, derivados de la fabricación de los CBMs que lo constituyen.

D. METODOLOGÍA

En respuesta a la estructura jerárquica de objetivos, se establece un plan de etapas que atenderá al mismo orden jerárquico, dando cumplimiento a la satisfacción de otros objetivos de rango menor, ordenados a su vez en cuatro etapas:

Etapas 1, realizará un acercamiento al sector de la construcción para definir el Modelo de Construcción Habitual (MCH) en Sevilla y se seleccionará una muestra para el estudio.

Etapas 2, cuantificará en kg por metro cuadrado construido, los recursos materiales consumidos en la ejecución del modelo constructivo establecido en la muestra seleccionada.

Etapa 3, determinará el consumo energético, expresado en MJ/kg y las emisiones de CO₂, expresadas kgCO₂/kg, producidas en la fabricación de los componentes básicos materiales representativos del MCH y que constituyen su Imagen de Referencia.

Etapa 4, cuantificará el consumo energético, expresado en MJ/m² y las emisiones de CO₂, expresadas kgCO₂/m² del MCH definido, como consecuencia de la fabricación de los recursos materiales implicados en su ejecución.

E. CONTENIDO DE LA TESIS

Etapa 1. Dará respuesta al objetivo planteado en el nivel 1, la selección de una muestra de edificios representativos del sistema de construcción habitual en Sevilla, para lo cual será necesario plantear tres subetapas, la primera (E₁₁) pretende alcanzar el conocimiento de la realidad arquitectónica, lo que se traduce en el estudio de los modelos de construcción habituales hoy día, dado que los modelos difieren en función de la zona climática donde se ubican, centraremos el estudio en Sevilla por pertenecer a nuestro entorno próximo, para determinar su tipología edificatoria más representativa. En la segunda (E₁₂) definir el modelo constructivo y en la tercera (E₁₃) elegir la muestra de estudio, constituida por diez proyectos de ejecución representativos de la edificación destinada a VPO en Sevilla.

Etapa 2. Cuantificará los recursos consumidos en la ejecución del MCH en Sevilla, mediante el desarrollo de tres subetapas, la primera (E₂₁), homogeneizará las mediciones de los proyectos de ejecución seleccionados, la segunda (E₂₂) convertirá los resultados en cantidades por m² construido, la tercera (E₂₃) normalizará los valores anteriores en peso por m² construido para permitir resultados comparables.

Etapa 3. Asignará los valores correspondientes al consumo energético y las emisiones de CO₂ de los CBMs constitutivos del MCH, siguiendo un camino paralelo para cada uno de estos objetivos planteados en el nivel 3 al que da satisfacción. Se logrará mediante la definición de lo que denominaremos la Imagen de Referencia (IR) del Modelo, desarrollado en las siguientes subetapas comunes (E₃₁) agrupación de CBMs mediante una serie de normas establecidas, (E₃₂) la aplicación de equivalencias de asignación de valores ambientales conocidos para los CBMs de la muestra, en base a las hipótesis consideradas para finalmente desglosarse la última subetapa en (E_{33A}) consumo energético por kg de material y (E_{33B}) emisiones de CO₂ por kg de material.

Etapa 4. Continuará con los caminos en paralelo propuestos en la etapa anterior y obtendrá los resultados para lo que denominaremos Imagen Original (IO) del modelo, mediante el desarrollo de la subetapa (E_{41}) el consumo energético por m^2 construido y en la E_{42} las emisiones de CO_2 por m^2 construido para cada uno de los CBMs de la muestra que define el MCH.

De esta forma, paralelamente a la construcción de un Modelo de cuantificación del consumo energético y emisiones de CO_2 del MCH en Sevilla, se ensaya su aplicación a una muestra de diez proyectos de ejecución representativos del mismo y se cuantifican los valores deseados por m^2 construido de edificación.

Conclusiones. Contiene una síntesis de las conclusiones sugeridas en las diferentes subetapas que constituyen el desarrollo de la investigación y que dan respuesta a los objetivos planteados en la presente tesis doctoral. Se distribuyen en los siguientes apartados:

- a) Relacionadas con el modelo de cuantificación generado.
- b) Relacionadas con la aplicación del modelo de cuantificación al MCH en Sevilla.
- c) Formulación de líneas de investigación abiertas, que mejoran o completan el modelo definido.

La investigación realizada debe proporcionar el conocimiento exhaustivo de los materiales de construcción que identifican la tipología constructiva representativa del sector de la construcción en Sevilla, el consumo de recursos materiales empleados en su ejecución, así como el consumo energético y las emisiones de CO_2 derivadas de la fabricación de los materiales utilizados, por m^2 construido en el MCH definido.

Finalmente, junto con el desarrollo de la investigación y las conclusiones, se incluyen los siguientes documentos:

- Nomenclatura. Con la definición de las variables utilizadas en el modelo de cuantificación generado y las abreviaturas empleadas en el desarrollo de la investigación.
- Diccionario de términos. Donde se incluyen el significado que tienen en la investigación los términos más relevantes empleados en su desarrollo.
- Bibliografía. Donde se clasifican por orden cronológico las referencias bibliográficas correspondientes a la investigación, agrupadas en tres apartados en función de su

participación en la presente tesis: a) Bibliografía consultada, b) Bibliografía relacionada y c) Bibliografía generada en el transcurso de la investigación.

- Anexos. En los que se incluyen los resultados completos del desarrollo de la investigación y la aplicación del modelo al conjunto de los diez proyectos de ejecución seleccionados para la muestra de estudio.

2. ESTADO DE LA CUESTION

El presente capítulo se desarrolla con base en el siguiente organigrama, donde se especifican los apartados en que se subdivide y la relación existente con los objetivos de la presente tesis.

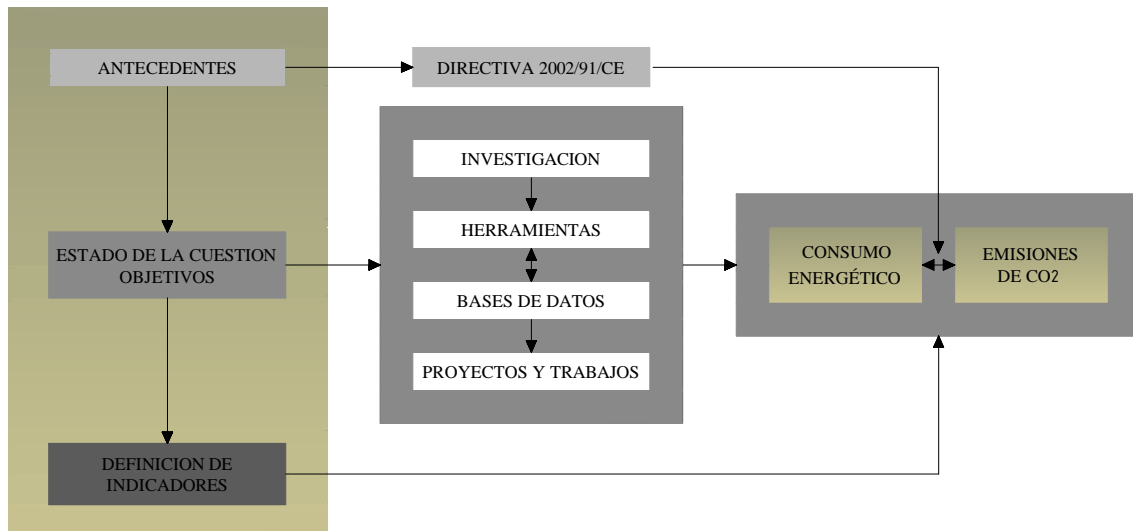


Figura 2.1. “Organigrama del desarrollo del capítulo”

2.1. ANTECEDENTES

De todos es conocido que las actividades de construcción intervienen en el medio ambiente natural utilizando los recursos extraídos de la naturaleza, para lo que se requiere de enormes cantidades de energía, tanto para la explotación de canteras y bosques como para la extracción de minerales, depositando en el ambiente desechos y emanaciones durante y al final del ciclo de vida de los productos y obras, con las consiguientes emisiones a la atmósfera.

Paradójicamente se dice que la sociedad actual se preocupa por el medioambiente, aunque no podríamos decir con exactitud cuando surge esta preocupación por valores que van más allá de los estrictamente directos, personales o inmediatos y que llevaron al psicólogo Abraham Maslow en la década de los 40 a configurar la “Pirámide de Maslow¹”, donde se representan las cinco necesidades vitales más estandarizadas del ser humano, justificando así su comportamiento.

Tal vez surgiese en el cuarto nivel del modelo de análisis establecido en su pirámide, como una necesidad dentro del orden de nuestras prioridades, en el que el deseo de alcanzar la “*estima ajena*”, el reconocimiento externo de nuestro valor, se empezara a valorar algo ajeno a nosotros

¹ MASLOW, A., “*A Theory of Human Motivation*”, 1943. Consultada en: http://es.wikipedia.org/wiki/Pir%C3%A1mide_de_Maslow, (12 de Noviembre de 2008).

mismos, y entender que nuestra relación con el medio ambiente no podía mantener las premisas con las que había satisfecho sus exigencias anteriores; sino que era el momento de atender cuestiones de mayor trascendencia y evaluar las consecuencias que para el futuro podía tener nuestro comportamiento, entendiendo que mantener la base de la pirámide, esto es, las necesidades fundamentales para nuestra subsistencia, era así mismo la base de la sostenibilidad.

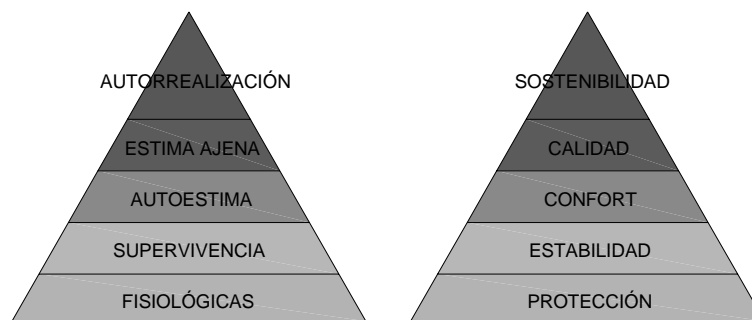


Figura 2.2. “Relación entre la pirámide de Maslow y Sostenibilidad²”.

Pero las fuentes bibliográficas no nos remontan a los años 40 sino más bien a la década de los 70, cuando se empezó a observar la contaminación atmosférica en el cielo de algunas ciudades, a constatar el agotamiento de los recursos naturales y verificar el enorme gasto energético requerido para la explotación de algunos de los recursos más utilizados, procedentes de fuentes no renovables de energía.

En definitiva no podemos conocer con exactitud los orígenes de la preocupación medioambiental en el ser humano; pero lo que sí conocemos es cuándo los gobiernos empezaron a movilizarse, a tener conciencia social de la importancia que ejerce sobre la humanidad el despilfarro energético que se produce en nuestra sociedad y las consecuencias derivadas de las excesivas emisiones de CO₂ a la atmósfera, a reconocer que si no se realizan los ajustes necesarios, estamos limitando los recursos futuros de la biosfera, ante el descubrimiento y la sorpresa de que la capacidad de oferta de recursos y de sumidero de emisiones por parte de la naturaleza no era ilimitada.

² Reflexiones a partir del paralelismo establecido entre la pirámide de Maslow y la sostenibilidad por el profesor Dr. D. Ricardo Huete Fuertes en su ponencia: “Aproximación a una construcción sostenible”. Curso de Doctorado: Cátedra Holcim Andina de construcción sostenible. Enero de 2006. También publicado en <http://tecnologiaedu.us.es/naturalezaugt/ponencias/ricardohuete/ricardohuete.htm>, (3 de Diciembre de 2009).

En la década de los 70, se publicaba el informe “Los límites del crecimiento” (Meadows, D.1972), bajo el auspicio del Club de Roma, donde se ponía de manifiesto el deterioro ecológico producido a consecuencia de un desarrollo económico no comprometido con el medio ambiente.

En los 80, se produce el primer gran acuerdo internacional definiendo el término desarrollo sostenible, en la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, creada en el marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), comúnmente conocido como “Informe Brundtland³”.

A partir de ahí, las Naciones Unidas continúan organizando conferencias sobre el medio ambiente y el desarrollo a nivel internacional y mundial, entre ellas las conocidas comúnmente como:

- Cumbre para la Tierra (1992), donde se aprueban documentos en los que se habla sobre el cambio climático, la diversidad biológica y la desertificación.
- Cumbre para la Tierra +5 (1997), en la que se acuerda adoptar objetivos jurídicamente vinculantes para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero, entre los que se encuentra el CO₂, causantes del cambio climático y avanzar hacia modalidades sostenibles de producción, distribución y utilización de la energía.
- Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (2002) conocida como “Río +10”, cuyo hecho más positivo fue el anuncio de la ratificación del Protocolo de Kioto⁴ por varios países, entre ellos España. En el 2006 en Nairobi tiene lugar la duodécima reunión de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de la ONU para discutir la segunda fase del Protocolo de Kioto.

³ El conocido como el Informe Brundtland es el que utiliza por primera vez el término “desarrollo sostenible”, como aquel que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin hipotecar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

⁴ El protocolo de Kioto se adoptó en Japón, el 11 de diciembre de 1.997 y fue firmado por 84 países. Las partes incluidas en su anexo I se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Sólo los países que lo ratifiquen, estarán obligados a su cumplimiento. Se puso en marcha en 2.005 gracias a la ratificación de un número de países equivalente al 55% de la generación de CO₂ del mundo. Su objetivo es reducir las emisiones de seis gases relacionados con el calentamiento de la atmósfera a partir del efecto invernadero y detener el cambio climático que aumentará en este siglo entre 1,4 y 5,8 °C la temperatura de la superficie de la Tierra.

Como podemos observar hay numerosos acuerdos en los que se habla de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, como uno de los elementos contrapuestos al desarrollo sostenible definido en el “Informe Brundtland”, siendo tal vez el acuerdo internacional alcanzado en 1997 en Kioto, donde el concepto de emisiones de CO₂ toma mayor relevancia en el problema de la sostenibilidad, haciéndose eco en la sociedad a escala mundial al aparecer en su Anexo II como uno de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), convirtiéndose así en uno de los objetivos de este acuerdo, cuyo compromiso es llegar al año 2012 con una reducción de emisiones de GEI del 5,2 % respecto al período que se toma como referencia, el año 1990, lo que supone en nuestro entorno próximo que Europa tendrá que reducir un 8% de sus emisiones.

Sin embargo, las expectativas no son positivas a día de hoy, según el Observatorio de Sostenibilidad de España, en el Estado Español las emisiones han crecido⁵ un 50% desde 1.990.

Esto no es sólo a nivel de emisiones, también sucede con el consumo energético, los estudios realizados por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía⁶ (IDAE), demuestran que en España:

- La tendencia del crecimiento del consumo anual de energía usada en edificación no es proporcional al incremento demográfico, ya que mientras la población crece al 0,3% el gasto energético en hogares lo hace al 2,5%, con tendencia al alza.
- Las fuentes energéticas no renovables de mayor consumo, el carbón, el petróleo y el gas natural, representan conjuntamente el 81% de la energía primaria, frente a la energía nuclear con un 12% y las renovables con un 7%.
- El uso de la energía en la vivienda supone más del 15% del total del consumo de recursos energéticos, mientras buena parte del 9% usado por los servicios se consume en edificación; con lo que, considerando que parte del consumo industrial se dedica a la producción de materiales de construcción, supone que cerca de una tercera parte del consumo de energía en nuestro país está ligada directamente a la edificación.

⁵ CUCHÍ BURGOS, A. Y WADEL, G. “Guía de la eficiencia energética para administradores de Fincas”. 1ª Edición. Ed. Fundación Gas natural. (2007).

⁶ Sigue las líneas de acción del Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España y el Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Como consecuencia de todo lo anterior empiezan a surgir normativas, planes y estudios, tanto a nivel internacional como nacional, encaminados a proponer medidas correctoras para minimizar el consumo energético en las edificaciones y la generación de gases de efecto invernadero.

Realizando un barrido de menor a mayor escala, en España podemos citar: la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, E4, el Plan de Fomento de las Energías Renovables (PFER), o el Código Técnico de la Edificación⁷ (CTE), con el que se busca el ahorro de energía de los edificios a través de la definición de valores térmicos límite para los elementos de la envolvente de los edificios así como también en la eficiencia energética de las instalaciones.

En nuestra Comunidad Autónoma de Andalucía, encontramos iniciativas para reducir las emisiones GEI, como las del Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012, donde se definen planes para aplicar la arquitectura bioclimática a la edificación, la utilización de energías renovables que permitan el aprovechamiento óptimo de las condiciones climáticas andaluzas en nuestros edificios, incluyendo en la normativa de diseño y calidad de las viviendas en Andalucía, criterios de ahorro y eficiencia energética con el fin de establecer parámetros de ahorro de CO₂ en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios.

Pero es concretamente en la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios en el sector residencial y terciario, donde se pone de manifiesto la relación directa entre emisiones de CO₂ y consumo energético de los edificios, al considerarlas un indicador de su eficiencia energética.

Esta Directiva además establece una serie de parámetros para la definición de una metodología de cálculo, que podrá ser diferente a escala regional, y unos requisitos mínimos sobre eficiencia energética de edificios nuevos y de rehabilitación integral, obliga a la certificación energética de edificios y a la revisión periódica de sus sistemas de energía. Certificación energética⁸, lo que ha sido puesto en marcha en España a través de la Agencia Andaluza de la Energía⁹.

⁷ Marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios, en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad de la Ley de Ordenación de la Edificación, (LOE).

⁸ La Certificación energética informa sobre la eficiencia energética de los edificios, acreditando si han sido diseñados y construidos con criterios de ahorro energético. Política y Divulgación científica. <http://www.andaluciainvestiga.com/espanol/noticias/11/6851.asp>. (29 de Septiembre de 2008).

⁹ Entidad pública adscrita a la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. La Agencia absorbe a la empresa pública Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN) dependiente de la misma Consejería.

En la misma se especifica que el sector de la vivienda y los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40% del consumo final de energía en la comunidad Europea y se encuentra en fase de expansión, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía y, por lo tanto, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Todo ello pone de manifiesto la preocupación ambiental existente en relación con el consumo energético y las emisiones de CO₂ desde el sector de la construcción y las iniciativas gubernamentales conocidas a día de hoy, siendo conscientes de que la repercusión de la edificación en la emisión de contaminantes se ve determinada por dos fuentes, la fabricación de materiales y el uso de las edificaciones, con lo que su participación en las emisiones de CO₂ globales es muy alta.

2.2. ESTADO DE LA CUESTIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA TESIS

El mundo en que vivimos apuesta con actitud activa por la investigación y la innovación tecnológica en el campo del consumo energético y las emisiones de CO₂, como aportación a la meta del desarrollo sostenible. Existen grupos de investigación públicos y privados, empresas del sector de la construcción, tanto a nivel nacional e internacional, cuyas líneas principales se encuentran encauzadas en este ámbito, en aras de su minimización.

2.2.1. Investigación.

El siguiente gráfico recoge la evolución, en los últimos cinco años, que ha experimentado la investigación del consumo energético y las emisiones de CO₂ en edificación, considerando tres niveles de mayor a menor escala, internacional, nacional y en la Universidad de Sevilla (US), a la que se adscribe la presente tesis doctoral, considerando en el eje de ordenadas el número de grupos de investigación o investigaciones individuales destinadas al estudio especificado.

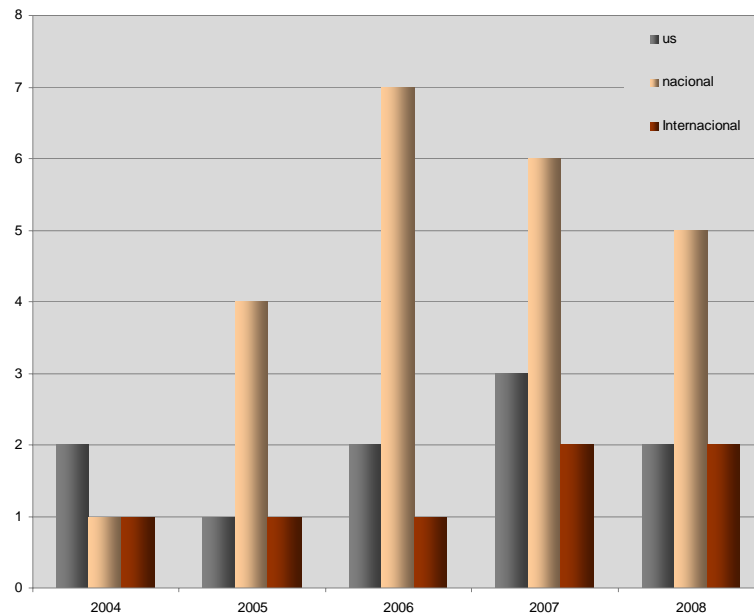


Figura 2.3. “Evolución en la investigación del consumo energético y emisiones de CO₂ en edificación”

Las investigaciones encontradas, que han dado lugar al gráfico anterior, se refieren a la consecución de medidas que persiguen la minimización en la construcción de edificaciones y, en consecuencia, de sus instalaciones¹⁰, o inciden en la minimización del impacto ambiental que produce un determinado material de construcción o elemento constructivo en relación con alguno de los dos indicadores expuestos¹¹.

¹⁰ Plan Nacional de I+D+I, U. de Zaragoza, Junio 2009: “Actuaciones para la reducción del consumo. Aplicación práctica en nuevos edificios”. / U. del País Vasco. Dpto. Máquinas y Motores Térmicos: “Integración de sistemas constructivos industrializables en fachadas ventiladas activas para el aseguramiento de un consumo energético eficiente y de la calidad de aire interior. Ensayos experimentales/ U.Valladolid. E.T.S. Ingenieros Industriales: “Reducción del consumo energético y emisiones de anhídrido carbónico en edificios combinando enfriamiento evaporativo, enfriamiento gratuito y recuperación de energía en sistemas todo aire.”/ Grupo investigación FQM342. Materiales cerámicos para la producción y uso eficiente de energía (PN-2006) Vigencia: 2006-2009. / Proyecto realizado por Andimat e IDAE abril 2006, actuaciones encaminadas a mejorar la eficiencia energética de la envolvente térmica de los edificios de nueva construcción y existentes, <http://www.andima.es/sobre-aislamiento/rehabilitación/> Proyecto Singular y estratégico ARFRISOL, propone edificio que ahorra el 90% del consumo de energía convencional. Vigencia 2005-2010./ Proyecto Ecodig: “Modelo de emisiones de CO₂ para empresas del Sector Construcción”, Labein Tecnalia, Junio 2007, <http://www.labein.es/labeinweb/Sectores.nsf/vwCAVerProyectos/6EB4594D440DA91EC12572FB0040ABED?OpenDocument>.

¹¹ Destacan los siguientes proyectos subvencionados. En Andalucía: Referencia 0479/0149. “Servicio para el desarrollo de un estudio de las emisiones de CO₂ debidas a la cocción de arcilla cerámicas en Andalucía. Vigencia 2009-2010./ Orden 22 Abril 2008, Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio: ARCEVA, U.S: “Aislamiento y reciclaje para reducir el consumo energético de las viviendas en Andalucía”, propone reducir la huella ecológica de las edificaciones en Andalucía y cumplir con los objetivos del Protocolo de Kioto, mejorando el aislamiento en las viviendas usando materiales reciclados y reduciendo el consumo energético. Vigencia 2008-2010./ Proyecto de creación de un nuevo tipo de cemento que reduce emisiones de CO₂, Agosto 2009, <http://blog.is-arquitectura.es/2009/08/18cemento-que-absorbe-co2/> Proyecto grupo Novacem, anuncia la fabricación de ladrillos con material reciclado, con la idea de ayudar a la industria del hormigón a reducir emisiones de CO₂ en la producción de cemento Pórtland, <http://www.novamen.com/> /A nivel internacional el P. de la Comisión Europea: PM: “Abatement of emission of trace pollutants by FGD form co-combustion and environmental characteristics of by-products.” (ABETRAP) (P.Marco) Vigencia: 2006-2009.

Uno de los proyectos no recogido en la tabla anterior, al no estar relacionado directamente con edificación, pero que destaca por la elevada cuantía destinada a su estudio; en el mismo se proponen instrumentos para la evaluación de la estrategia de mitigación de emisiones de CO₂ en el sector transporte por carretera y la mejora de su eficacia¹².

Todo ello pone de manifiesto la lógica preocupación en este ámbito, teniendo en cuenta que el transporte y la vivienda, considerados sectores de producción difusa de CO₂, implican conjuntamente el 60% de las emisiones que se producen a nivel Nacional¹³, con lo que la reducción en las emisiones en tales sectores pueden contribuir a la reducción global de forma muy importante.

Observamos en el siguiente gráfico la evolución de la cuantía económica, en euros, destinada a los proyectos de investigación englobados en la figura 2.3.

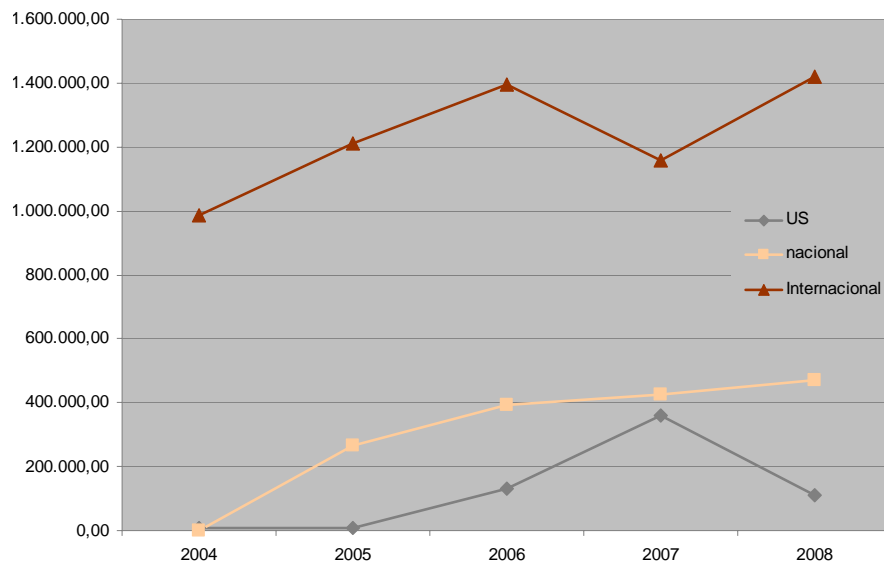


Figura 2.4. “Evolución de la cuantía económica invertidos en proyectos de investigación relacionados con el consumo energético y emisiones de CO₂ en edificación”

¹² Universidad Complutense de Madrid. Instituto universitario de ciencias ambientales (IUCA). Cuantía subvencionada: 134.310 € en el año 2007.

¹³ CUCHÍ BURGOS, A. Y WADEL, G. “Guía de la eficiencia energética para administradores de Fincas”. 1ª Edición. Ed. Fundación Gas natural. (2007).

2.2.2. Programas y herramientas de cálculo.

Por otro lado, no debemos olvidar, qué sucede con los materiales empleados en la construcción de los edificios que proyectamos y habitamos y cómo afecta su proceso productivo al problema global de la sostenibilidad.

Si buscamos investigaciones, herramientas, programas específicos o metodologías de cálculo que permitan cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ que se producen en nuestras edificaciones más habituales, como consecuencia del proceso productivo de los productos de construcción empleados en su ejecución, objetivo de la presente tesis doctoral, los resultados de la búsqueda son pocos en Andalucía.

Las fuentes de información nos remiten principalmente al ámbito Internacional, aunque ya se está implementando en el Nacional, teniendo conocimiento de la existencia y disponibilidad en el mercado de una gran variedad de programas informáticos y herramientas que evalúan el impacto ambiental tanto de materiales o de productos de la construcción como de los componentes de edificios residenciales, entre las que se incluyen datos sobre el consumo energético y emisiones de CO₂, estando vinculadas a bases de datos que contienen información relacionada con impactos medioambientales de los materiales y/o productos utilizados en el sector de la construcción.

Un resumen de las herramientas más utilizadas en el ámbito internacional y nacional, su aplicación y los aspectos que analizan y evalúan queda recogido en la siguiente tabla, no existiendo ningún procedimiento en el que se tenga en cuenta todos ellos, remitiéndonos al apéndice para el desarrollo de las abreviaturas utilizadas:

		PROGRAMAS Y HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EDIFICIOS RESIDENCIALES ¹⁴																							
		Athena	BDA	BEAT 2000	BEES	BSLCA	CEV	EcoEffect	EcoHomes	EcoProP	EcoQuantum	Ecotect	EPIQR	Equer	Escale	GBTTool	GreenCalc	HQE/PIMWAQ	LCA-House	LCAid	LEED	Legoe/Ogjp	SBI-LCA	SIMAPRO	TCC-2000
TIPOS DE HERRAMIENTAS	Materiales y/o componentes	•		•	•	•													•				•	•	•
	Apoyo al proyecto	•	•	•		•		•			•	•		•	•	•	•		•	•		•	•		•
	Gestión del edificio			•		•		•	•	•			•						•				•		
	Esquemas evaluación								•									•			•				
	Eficiencia Energética		•					•						•											
ÁMBITO APLICACIÓN	Edificio		•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Componentes edificio	•		•	•	•													•				•	•	•
	Productos construcción	•			•																			•	•
FASE EVALUADA	Manufactura de productos	•		•	•	•		•	•		•				•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
	Puesta en obra	•		•	•	•		•	•	•	•				•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
	Uso y mantenimiento		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Demolición y residuos			•	•	•		•	•		•				•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
IMPACTOS VALORADOS	Globales ¹⁵	•		•	•	•	•	•	•		•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Locales	•		•	•	•		•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Interiores ¹⁶		•		•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		

Figura 2.5. “Programas y herramientas de evaluación de edificios y los impactos que analizan”

¹⁴ Las fuentes utilizadas para la obtención de los datos expuestos se realizan a través de Internet, obteniendo los siguientes directorios que han ampliado las fuentes de información, como son: Building Energy Software: Tools Directory en http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory/, IEA Annex 31: Interactive Tools en <http://www.uni-weimar.de/SCC/PRO/TOOLS/inter.html> y Building LCA Project en <http://buildlca.rmit.edu.au/>. Directorios Webs de algunas de las empresas o instituciones que desarrollan estos tipos de sistemas. Y proyecto: “Ecoetiquetatge des productes de la construcció. Cies 2000-2002”, trabajo de investigación previo a la redacción del Libro Blanco para una ecoetiqueta verde de los productos para la construcción, en colaboración con el ITeC, UPC, Institut Cerdá, Colegio de Arquitectos de Cataluña y de Aparejadores y arquitectos técnicos de Barcelona.

¹⁵ Se refieren a indicadores o parámetros de impacto relacionados con el medio ambiente global: Uso de recursos naturales (materias primas, agua y paisaje), contaminación atmosférica global (calentamiento global, reducción de ozono), contaminación del agua y suelo (acidificación), generación de residuos, ecotoxicidad.

¹⁶ Indicadores relacionados con el ambiente interior: salud humana (calidad del aire interior) y confort interior (temperatura interior, olores, etc.)

Para nuestros objetivos, interesan herramientas de cálculo que determinen el consumo energético y las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los materiales de construcción empleados en la ejecución de edificios.

En consecuencia, de la tabla anterior destacamos aquellas herramientas relacionadas con los materiales y o componentes del edificio, que evalúan el impacto ambiental tanto de los materiales como de los productos de construcción, que, por lo general, son herramientas estrechamente vinculadas a bases de datos de impactos ambientales de productos de construcción empleados en el país de origen del programa. Señalamos por tanto el programa Athena, BEAT 2000, BEES, BSLCA, LCA-House, SBI-LCA, SIMAPRO y TCQ-2000. Pero de los seleccionados, tan sólo el programa Athena, BEES, SIMAPRO y TCQ-2000 tienen su ámbito de aplicación a los productos de construcción, por lo que nos detenemos en su estudio:

- Programa de evaluación medioambiental canadiense de edificios ATHENA elaborado por el ATHENA Sustainable Materials Institute, es aplicable a proyectos de edificios residenciales con un máximo de 5 plantas de fachada, considera dentro de las fases del ciclo de vida la extracción, manufactura de los materiales de construcción y su puesta en obra; pero el método sólo tiene en cuenta a la hora de realizar la evaluación, las partes estructurales del edificio.
- Programa americano Building for Economic and Environmental Sustainability (BEES), valora el rendimiento medioambiental de los productos utilizando la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y proporciona una amplia lista de los impactos medioambientales que pueden ocasionar; pero conocemos que con la aproximación al ACV en la evaluación ambiental de los edificios se considera nada más los aspectos más globales. La metodología ACV manipula impactos potenciales, no reales, y éstos no evalúan ninguna consecuencia sino que hacen una indicación del riesgo o peligro. Lo mismo sucede con el siguiente programa.
- Programa holandés System for Integrated Environmental As Products (SIMAPRO), en la actualidad el programa informatizado más difundido para la resolución de estudios de ACV, mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas (BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM).

En su versión SIMAPRO4 el inventario comprende los diferentes procesos del ciclo de vida de los materiales (producción, transporte, utilización, etc.) y en una posterior clasificación de las emisiones según las diferentes categorías de efectos ambientales, considerando los siguientes impactos: efecto invernadero, ozono, acidificación, eutrofización, contaminación de verano, de invierno, metales pesados, carcinoma, pesticidas, energía y residuos sólidos. En una segunda etapa, se establecen por cada emisión, unos factores de equivalencia que permiten cuantificar y evaluar el impacto ambiental de los materiales o productos que se analizan en cada uno de los efectos ambientales. El programa permite dos tipos de análisis, uno correspondiente a la fase de fabricación del material y otro hace referencia a la totalidad del ciclo de vida.

- Programa español TCQ2000¹⁷ del Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya (ITeC), conjunto de aplicaciones informáticas definidas como una propuesta metodológica para la definición y seguimiento de los valores de determinados parámetros del proceso constructivo. Su módulo 7 denominado Gestión Medioambiental analiza, a partir de la información proporcionada por los elementos constructivos de un presupuesto, diversos impactos medioambientales que producen los materiales de construcción, permite relacionar de forma directa los aspectos medioambientales, técnicos y económicos de las soluciones constructivas y por tanto del proyecto. Todo ello mediante la adaptación del presupuesto de un proyecto de acuerdo a la comparación que realiza con los elementos constructivos del Banco Estructurado de elementos Constructivos (BEDEC) del ITeC.

En este momento, los impactos medioambientales que analiza a lo largo del ciclo de vida de los materiales son: El coste energético de los materiales y sus emisiones CO₂ (consumo energético en la fabricación de los materiales que componen el presupuesto y las emisiones de CO₂ en la fabricación de los mismos, hasta la puerta de la fábrica). El coste energético de la maquinaria y sus emisiones de CO₂ (consumo energético y emisiones de CO₂ en la utilización de la maquinaria durante el proceso de ejecución). Los residuos tanto en peso como en volumen, de los materiales sobrantes del proceso de ejecución, así como de sus embalajes (generados durante la puesta en obra de tales materiales). El peso (cantidad de materiales empleados según el presupuesto).

¹⁷ Privado, disponible en el Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla. No obstante el banco BEDEC puede consultarse gratuitamente on-line en <http://www.tec.cat>. Base de datos actualizada 31 octubre 2009.

En la actualidad, numerosos grupos de investigación trabajan en el perfeccionamiento de las herramientas citadas y en la creación de otras, en proyectos de ámbitos nacional, europeo o internacional, pertenecientes a institutos de investigación de la construcción y departamentos, laboratorios de investigación vinculados a universidades o a la administración pública, entre las que se encuentran: Green Building Challenge, GBC (GBTTool), IEA Annex 31 Program: programa de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), CIB W100 Task Group, Building LCA Program, REGENER, BEQUEST.

Además existen institutos, consultings y empresas especializadas que desarrollan este tipo de herramientas de forma independiente, tales como: Building Research Establishment, BRE: Envest, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, CSTB: Escale, U.S. Green Building Council, USGBC: LEED, ATHENA Sustainable Materials Institute: ATHENA, Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, NIBE: GreenCalc, IVAM Environmental Research: EcoQuantum y Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus, VTT: EcoProP. Citando a nivel nacional el ITec y el Centro Tecnológico de la Construcción (iMat), que en la actualidad están evolucionando las bases de datos medioambientales y su aplicación en edificios.

Como vemos a partir del año 90, en cuyo inicio sólo se hacía referencia al método inglés BREEAM, el de mayor experiencia en su aplicación, pero aplicable a edificios de oficinas, han ido surgiendo nuevos sistemas de evaluación medioambiental de edificios, nuevos métodos que se han ido simplificando e informatizando para convertirse en herramientas al alcance de cualquier profesional, gracias al intercambio de información y unificación de metodologías que han llevado las instituciones y centros de investigación en los últimos años, como el Green Building Challenge.

2.2.3. Bases de datos de impacto ambiental.

En cuanto a las bases de datos de materiales y/o productos de la construcción existentes, que contengan información relacionada con impactos medioambientales en el sector de la construcción, desarrolladas de forma independiente o combinadas con herramientas de evaluación, las encontramos en dos niveles distintos, las que hacen referencia a:

- Materiales y procesos, datos relacionados con la energía, transporte, etc. que agregados generan los registros de productos de la construcción, entre ellas: Simapro, SPINE, OGMP,

Team y Boustead o en nuestro país, la metaBase, conjunto de bases de datos con información de productos de la construcción que ofrece información entre otras de datos ambientales, entre ellas el banco BEDEC PR/PCT del ITeC.

- Bases de datos de componentes, entre las que encontramos: IVAM, Athena, BEES.

La mayoría de ellas incluyen los productos de construcción más empleados en el país origen del programa al que se asocian, tales como la base de datos asociada al programa BEAT 2000 o al programa SBI-LCA, que contiene registros medioambientales para fuentes de energía, medios de transporte, materiales de construcción y elementos constructivos utilizados habitualmente en el sector de la construcción danesa. La base de datos utilizada por el BSLCA, programa de software integral para el proyecto ecológico y el análisis de los sistemas del edificio, que contiene registros de sistemas técnicos y constructivos de la edificación finlandesa. Siendo en consecuencia de todas ellas el banco BEDEC la más próxima a los materiales de construcción empleados en nuestras construcciones.

2.2.4. Proyectos y trabajos.

Entre los trabajos en línea con nuestra investigación, caracterizados por una metodología común, que basan sus cálculos en el empleo de programas específicos como el TCQ-2000, y en consecuencia su asociación al banco de datos BEDEC, destacan los siguientes:

- El denominado Informe MIES¹⁸ (Cuchí Burgos A.y López Caballero, I.; 1999), el trabajo evalúa el impacto ambiental que produce el módulo constructivo que constituye la ampliación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès (ETSAV), bautizado como proyecto MIES, sustituyendo la masa de los materiales que configuran los sistemas constructivos que lo componen (estructura, cubierta, cerramiento verticales, cimentación, revestimientos, carpinterías e instalaciones), por la energía precisa para fabricarlos, analizando de forma comparada el impacto ambiental de diferentes aspectos de la ETSAV, a fin de reducir el impacto total producido con una política ambiental equilibrada. Utiliza

¹⁸ Acrónimo de Modelo de Investigación de Edificación Sostenible, realizado por Cuchí Burgos A., López Caballero I., 1999. Informe MIES: “Una aproximación al Impacto Ambiental de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura del Vallès(ETSAV)”. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Barcelona, España.

como fuente de información la “*Guía de la edificación Sostenible*”¹⁹ (1999), que proporciona la energía primaria de determinados materiales de construcción.

- El proyecto Life Lanzarote 2001-2004²⁰, donde se realiza un Informe que tiene como objetivo el análisis del impacto ambiental de los materiales de construcción utilizados en la edificación en Lanzarote (analizando edificaciones tales como hoteles, viviendas unifamiliares y plurifamiliares). Tiene como objetivos: Conocer la realidad actual sobre los materiales de construcción empleados en la edificación de la isla de Lanzarote, evaluar cada uno de los materiales más importantes empleados con relación a sus efectos ambientales, locales y globales y a la salud, así como proponer recomendaciones sobre el uso de los materiales de la edificación de la isla, utilizando la base de datos medioambientales BEDEC y como herramienta de cálculo el programa SIMAPRO4.

- El proyecto titulado “*Estudi de les possibilitats de reducció d'emissions de CO₂ i la seva aplicació en el projecte de 60 habitatges a Tossa de Mar*”²¹, que presenta las conclusiones de los trabajos realizados para evaluar las posibilidades de reducción de las emisiones de CO₂, a lo largo del ciclo de vida (incluyendo las fases de fabricación de los materiales, construcción, uso y demolición), en la promoción del proyecto de 60 viviendas públicas en Can Vergonyós, Tossa de Mar. La metodología empleada utiliza el banco BEDEC y el programa TCQ 2000 en versión 3.1. Los objetivos de este estudio son: Detectar las posibilidades de incremento de la sostenibilidad y de reducción de las emisiones de CO₂ que se generan en las viviendas desarrolladas en el proyecto, a lo largo del todo el ciclo de vida y evaluar su viabilidad económica y técnica, respecto del modelo habitual realizado en

¹⁹ AAVV. “*Guía de la edificación Sostenible*”. Dirección General de la Vivienda. Ministerio de fomento, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) e Instituto Cerdá. 1999.

²⁰ El Proyecto Life de la Unión Europea “ENV/E/0000400”, es un proyecto realizado dentro del programa Life Lanzarote 2001-2004, destinado a la exploración de nuevas líneas de Actuación, Financiación y Fiscalidad para la reserva de la Biosfera en colaboración con la Universidad Politécnica de Cataluña. Ed. Cabildo de Lanzarote (2004). Son miembros del citado proyecto ÁLVAREZ-UDE, L., CASANOVAS X., CUCHÍ, A., BALDRICH, X., GARCÍA DE VINUESA, L., DÍAZ FERIA, L. y PRATS, F.

²¹ Formado por un equipo de trabajo constituido por miembros del SaAS, equipo de arquitectura especializado en construcción sostenible e innovación, adjudicataria del proyecto de 60 viviendas en Can Vergonyós en Tossa del Mar, promovido por INCASOL, y Societat Orgànica, asesoría ambiental experta entre otros en el ámbito del ciclo de vida y cálculos de demanda y consumos de energía aplicados a la arquitectura. Directores: SABATÉ, J. Y CUCHÍ, B., equipo de trabajo de energía y emisiones de CO₂ asociadas a los materiales: SAGRERA, A., WADEL, G. Y MORENO, A., equipo de simulación de las condiciones de emplazamiento: LOPEZ, F., equipo de análisis de la demanda energética: LOPEZ, F. y VIDAL, J., equipo de evaluación del consumo y emisiones de CO₂ asociadas durante la vida útil: LOPEZ, F., VIDAL, J., CANTOS, S y PASCUAL, M.A., equipo de trabajo de arquitectura: SABATÉ, J., ESPECHE, H., PESL, F., AYZA, N., MORENO, A., VIDAL, OL, VIDAL, J y SALA, M.A. Diciembre 2006.

Cataluña. Así como valorar las acciones según diversos grados de calidad ambiental y establecer un objetivo de reducción de CO₂ y de consumos de agua aplicables al resto de promociones de vivienda pública.

- El Trabajo Fin de Master denominado “*Método para el cálculo simplificado de emisiones de CO₂ de las viviendas en Europa*”, correspondiente al Máster en Seguridad Integral en Edificación de la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de la Universidad de Sevilla, curso académico 2008-2009, cuyo objetivo es obtener una herramienta que permita autoevaluar de forma estimativa las emisiones de CO₂ producidas en las viviendas como consecuencia de su uso. Para ello se crea un cuestionario, que parte de una encuesta inicial desarrollada en el Reino Unido, que se analiza y adapta a un vocabulario no técnico, para poder ser utilizada por cualquier ciudadano y posteriormente traducir las respuestas a emisiones de CO₂, traducción que parte de un consumo energético por m² de vivienda, que se transforma en CO₂ en función de los combustibles utilizados. La idea de este trabajo forma parte de un proyecto europeo denominado Transition Island Communities: Empowering Localities to Act (TrisCo), con el que se pretende conseguir cambios de comportamiento que generen una reducción en las emisiones de CO₂ debidas al uso de los edificios.

Pensamos en una primera instancia el interés que suscitaría el empleo de las herramientas citadas, el programa TCQ-2000 y el banco BEDEC; pero en su estudio pormenorizado encontramos los siguientes inconvenientes:

- No justifican los datos referentes al peso de los materiales constructivos en los que basan el consumo energético y las emisiones de CO₂ derivadas de su proceso de fabricación.
- No especifican la procedencia de las fuentes empleadas para la obtención de los resultados expuestos en relación con el peso de los materiales.
- Toda partida introducida en el programa no recogida de forma expresa en el banco de datos, automáticamente es sustituida por otra de características similares.
- Algunos de los materiales de construcción empleados frecuentemente en Andalucía no encuentran cabida en el Banco de datos especificado. Ejemplo: El ladrillo cerámico perforado de dimensiones 24x11,5 cm y espesor variable, teniendo que aplicar para dichas dimensiones el hidrofugado.

Por ello, se desiste de la utilización del programa TCQ-2000 y del Banco BEDEC tal y como está disponible en el mercado y buscamos información relacionada con investigaciones y publicaciones que nos proporcionen los datos relacionados con el consumo energético y las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los materiales de construcción.

Los resultados de la búsqueda quedan recogidos en la siguiente tabla, donde se observa un listado constituido por los materiales empleados en la construcción de edificios, de los que se posee en la actualidad de información medioambiental relacionada con el consumo energético y las emisiones de CO₂, a través de diferentes fuentes de información, tanto a nivel nacional como internacional, con las siguientes salvedades:

- Fuente 1: Son datos proporcionados por la publicación “*Guía de la Edificación Sostenible (1999)*”, relacionados con la energía primaria de los materiales de construcción que especifica. Valores que hacen referencia al contenido de energía de los materiales en los procesos de extracción de materia prima, fabricación, transformación, transportes asociados, puesta en obra, mantenimiento y eliminación. Hay que indicar que la fiabilidad de los datos referidos a la energía consumida por un determinado material, está muy relacionada con las posibilidades de acceder a fuentes de información precisas, no siempre disponibles, y a las consideraciones de las variaciones posibles en función del conjunto de los ámbitos de aplicación (local, autonómico, nacional, internacional). Concretamente los datos expuestos en la tabla derivan de los datos recogidos en Cataluña por el Instituto Cerdá. MOPU, para la citada publicación, a la que se hace referencia en los tablas expuestas en los trabajos realizados por Cuchí, tales como el Informe Mies (1999) y *Arquitectura i Sostenibilitat (2005)*.
- Fuente 2: Facilitada por miembros del ITeC constituyen la base para la creación del banco BEDEC PR/PCT. Recoge el consumo energético producido en la fabricación de los materiales de construcción citados y las emisiones de CO₂ derivadas del proceso hasta la puerta de la fábrica, no incluyendo ni transportes asociados ni puesta en obra.
- Fuente 3: Datos recogidos por (Nye, M y Rydin, Y.; 2008)²² en un estudio realizado por la REAP (Programa de Análisis de Recursos y Energía) para la aplicación del cálculo de una

²² Consultado en <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=b3379>

determinada huella ecológica²³. Proporcionan valores correspondientes al consumo energético en MJ/kg de una serie de materiales de construcción considerados relevantes en el sector, pero no hacen referencia a las emisiones de CO₂ que se producen.

- **Fuente 4:** Recogida en la publicación *“Ecology and Building materials”* (Berge, B.; 2009), expresa datos relacionados con el consumo energético de un listado de materiales empleados en la construcción europea, incluyendo en el mismo el valor de combustión de los materiales, a los que asocia además los efectos medioambientales que producen en Europa en relación, entre otros, con el calentamiento global expresado en “gr CO₂ equivalente/kg²⁴”.

²³ Sus autores la definen como: *“El área del territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico indefinidamente, donde sea que se encuentre esta área.”* (Rees, W. Y Wackernagel, M.; 1996)

²⁴ La incidencia en el efecto invernadero no es la misma para todos los GEI. El EI de cada gas depende de su potencial de absorción de energía y de su horizonte de vida en la atmósfera. Sus diferencias hicieron necesaria una forma de comparar el efecto de la reducción de emisiones de distintos GEI. Para ello se creó el concepto de CO₂ equivalente, según lo cual, las emisiones de GEI distintos al CO₂ se calculan como la cantidad de CO₂ necesaria para producir un efecto similar. Esta unidad “homogénea” para los volúmenes de GEI se conoce como CO₂ equivalente (CO₂eq, CO₂e). Consultado en: <http://www.urbaserkiasa.cl/index.php/mglosario/41-glosario/132-bonosdecarbono.html> el 28 de Noviembre de 2009.

El CO₂ equivalente nos posibilita “traducir” la contribución de los diversos gases a una unidad común. Debido a que los diferentes gases de efecto invernadero inducen un mayor efecto que otras por unidad y que además tienen “vidas medias” diferentes, cambiando su potencial de calentamiento en el tiempo. De esta forma, la contribución al efecto invernadero para cada sustancia se traduce a su equivalente en CO₂ en un período de 100 años. Los valores equivalente de potencial de calentamiento global para cada sustancia en un período de 100 años se encuentran establecidos en el Tercer Informe del IPCC (2001), ponderación revisada en el Cuarto Informe (2007).

FUENTES DE INFORMACIÓN LOCALIZADAS RELACIONADAS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO ₂						
	F1	F2		F3	F4	
MATERIALES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES ²⁵	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES ²⁶
ABS		100,00	14,76000			
aceite sintético		100,00	14,76000			
acero comercial (20% reciclado)	35,00	35,00	2,80000	30,13	25,00	
acero 100% reciclado (teórico)	17,00				9,00	250,00
acero al carbón		35,00	2,96000			
acero cadmiado		37,00	3,63000			
acero conformado		36,00	2,88000			
acero conformado galvanizado		37,00	3,63000			
acero cromado		38,80	0,10486			
acero esmaltado		38,80	3,80659			
acero galvanizado		39,90	3,91451			1.000,00
acero inoxidable		177,00	16,06275			1.000,00
acero lacado		38,80	3,80659			
acero laminado		35,00	2,80000			
acero laminado galvanizado		37,00	3,63000			
acero negro		24,40	1,95000			
acero pintado al horno		40,00	3,92432			
acero prelacado		37,00	3,63000			
acero recocido		42,50	3,40000			
adhesivo copolímero acrílico		45,00	6,64200			
adhesivo de caucho sintético		45,00	6,64200			
adhesivo de poliuretano		45,00	6,64200			
adhesivo de PVC		45,00	6,64200			
adhesivo de resinas epoxi		45,00	6,64200			
adhesivo en disolución acuosa		45,00	6,64200			
adhesivo en disolución de alcohol		45,00	6,64200			
adición		10,00	0,94000			
aditivo		93,00	13,72680			
aditivo escoria		100,00	14,76000			
aglomerado de madera	14,00	14,00	0,83000			20,00
agua		0,05	0,00000			
alquitrán		10,00	1,47000			
aluminio	215,00	205,00	30,13977	180,00	200,00	
aluminio 100% reciclado (teórico)	23,00					
aluminio 50% reciclado						1.900,00
aluminio 85% reciclado					45,00	
aluminio anodizado		227,00	33,36900			
aluminio 30% reciclado	160,00					

²⁵ Emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de los materiales citados, expresadas en kgCO₂/kg de material.

²⁶ Potencial de calentamiento global producido en la fabricación de los materiales citados, expresado en gramos de CO₂ equivalentes.

FUENTES DE INFORMACIÓN LOCALIZADAS RELACIONADAS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO2						
	F1	F2		F3	F4	
MATERIALES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES
aluminio lacado		218,00	32,04600			
arcilla cocida						120,00
arcilla cocida, ladrillo y tejas	4,50			2,90	2,00	160,00
arcilla expandida		4,50	0,13500			
árido	0,10	0,10	0,03000	0,08	0,50	
árido reciclado		0,10	0,03000			
asfalto		3,40	0,50320			
baquelita		100,00	14,76000			
barniz	100,00	100,00	14,76000			
bentonita		0,10	0,00943			
betún asfáltico		44,10	6,48270			
bronce		46,80	4,58000			
butilo		100,00	14,76000			
cal		3,43	0,32299		4,50	
cartón yeso		7,90	0,47400	5,73	5,00	330,00
caucho asfáltico		110,00	16,28000			
caucho sintético		110,00	16,28000			
cemento	7,00	4,36	0,41109		3,60	
cemento rápido		7,00	0,66000			
cerámica		2,32	0,17632			
cerámica aligerada	2,85-2,96	2,47	0,16796			
cerámica esmaltada		13,00	0,97500			
cerámica refractaria		2,50	0,18750			
cerámica vidriada	10,00	7,20	0,54000		8,00	
cobre	90,00	150,00	14,70000			1.200,00
cobre recocido		152,00	14,89600			
cobre semiduro		150,00	14,70000			
cola		100,00	14,76000			
cola natural		5,00	0,45000			
corcho aglomerado		3,94	0,23640			
detergente		100,00	14,76000			
disolvente		100,00	14,76000			
eléctrico		0,80	0,32000			
EPDM		100,00	14,76000			
escayola		2,57	0,23987			
esmalte de poliuretano		70,00	10,33000			
esmalte sintético	100,00	90,00	13,28961			
espejo de luna		19,00	1,12000			
espuma alveolar		70,00	10,33000			
espuma de polietileno		85,20	12,58083			
espuma de poliuretano		70,00	10,33000			
espuma elastomérica		77,00	11,36000			
fibra de poliamida		100,00	14,76000			
fibra de vidrio	30,00	22,00	1,65000			

FUENTES DE INFORMACIÓN LOCALIZADAS RELACIONADAS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO ₂						
	F1	F2		F3	F4	
MATERIALES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES
fibra mineral		2,35	0,22157			
fibra natural		1,70	0,15300			140,00
fibra sintética		30,00	2,25000			
fibrocemento		9,50	0,88667			
fibrocemento (de amianto)	6,00					
fibrocemento NT	9,00	9,50	0,88667			
fundición		32,80	2,62400			
gasoil		0,65	0,32000			
goma elastomérica		100,00	14,70000			
goma termoplástica		100,00	14,76000			
granulado de sílice de carbono		0,10	0,00000			
gres esmaltado		10,90	0,81750			
gres extruido		8,35	0,63460			
gres extruido esmaltado		10,90	0,81750			
gres porcelánico		10,90	1,02460			
gres prensado esmaltado		10,90	0,81750			
hierro esmaltado		43,20	4,23000			
hormigón celular prefabricado		4,80	0,45600			230,00
hormigón polímero		2,00	0,19000			
hormigón prefabricado	1,03-1,10	2,30	0,21850			120,00
imprimación antioxidante		100,00	14,76000			
lana		3,00	0,27000			
lana de roca		18,00	1,35000			770,00
lana de vidrio						880,00
látex		10,00	1,47000			
latón		160,00	15,68000			
latón cromado		162,80	15,94811			
latón esmaltado		162,80	15,94083			
linóleo						1.000,00
madera	3,00	2,10	0,06300			40,00
madera laminada						60,00
masilla acrílica		20,00	2,95000			
masilla de polisulfuros		20,00	2,95000			
masilla de poliuretano		20,00	2,95000			
masilla de silicona		20,00	2,95000			
mástic		78,00	11,51280			
material vegetal		0,00	0,00000			
metacrilato		53,72	7,92907			
mortero pref. Lavado al ácido		2,00	0,19000			
mortero prefabricado	1,34	2,35	0,22325			180,00
mortero prefabricado aligerado		2,50	0,23750			
mortero pref. arcilla expandida		2,00	0,19000			
mortero prefabricado esmaltado		2,00	0,19000			
mortero prefabricado pulido		2,00	0,19000			

FUENTES DE INFORMACIÓN LOCALIZADAS RELACIONADAS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO ₂						
	F1	F2		F3	F4	
MATERIALES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES
mortero pref. silicio-calcáreo	1,00	2,00	0,19000			
neopreno	120,00	120,00	17,71000			
nylon		100,00	14,76000			
oxiasfalto	10,00	10,00	1,47000			
papel		31,10	1,80380			
perlita expandida		4,53	0,13590			
piedra natural		0,18	0,01800			
piedra natural de importación		0,18	0,01800			
piedra natural nacional		0,18	0,01800			
pintura acrílica		24,70	3,64325			
pintura al horno		100,00	14,76000			
pintura al silicato		20,00	1,80000			
pintura antioxidante		100,00	14,76000			
pintura asfáltica		20,00	2,94000			
pintura plástica	20,00	20,00	2,95000			
plomo		190,00	22,42000			
poliamida		121,00	17,85960			
polibutileno		100,00	14,76000			
policarbonato		79,00	11,66040			
poliéster		53,72	7,92907			
poliéster reforzado		53,72	7,92907			
poliestireno		100,00	14,76000			
poliestireno expandido	100,00	117,00	17,26920			2.000,00
poliestireno extruido	100,00	117,00	17,26920			2.200,00
polietileno	77,00	102,00	15,06156			
polietileno expandido		102,00	15,06156			
polímero orgánico		100,00	14,76000			
polipropileno	80,00	79,00	11,66040			
polisulfuro		105,00	15,49800			
poliuretano	70,00	65,20	9,58440			4.800,00
polvo de cuarzo		7,00	0,63000			
polvo de mármol		7,00	0,63000			
polvo seco polivalente		100,00	14,76000			
porcelana	27,50	27,10	2,03000			
PVC	80,00	70,00	10,33375			700,00
resina epoxi		93,00	13,72680			
resina sintética		93,00	13,72680			
silicona		113,00	16,67880			
sulfato de magnesio		20,00	2,94000			
tablero aglomerado		25,80	1,52957			
tablero de partículas de madera		15,00	1,35000			
tablero partíc. madera chapada		18,90	1,70100			120,00
terrazo		2,30	0,21620			
terrazo lavado ácido		10,00	0,94000			

FUENTES DE INFORMACIÓN LOCALIZADAS RELACIONADAS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO ₂						
	F1	F2		F3	F4	
MATERIALES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES	CONSUMO	CONSUMO	EMISIONES
vermiculita expandida		4,53	0,13590			
vidrio	19,00	15,90	0,93726			600,00
vidrio celular		13,90	1,04250			
vidrio reflector		16,25	0,95789			
vidrio templado		26,20	1,54442			
vidrio vitrocerámica		21,10	1,25000			
vinilo		80,00	11,81000			
yeso	3,30	2,57	0,23987			
zinc		65,00	6,36395			
UNIDADES	MJ/Kg	MJ/Kg	KgCO ₂ /Kg	MJ/Kg	MJ/Kg	grCO ₂ e/Kg

Figura 2.6. “Valores de consumo energético y emisiones de CO₂ obtenidas a través de diferentes fuentes”

Como podemos observar en la tabla anterior, tan solo las fuentes 2 y 4 recogen valores relacionados con el consumo energético y emisiones de CO₂, con la siguiente diferencia, mientras la fuente 2 proporciona datos relacionados con las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los materiales de construcción, la fuente 4 proporciona valores relacionados con el calentamiento global que se produce en el proceso de fabricación de los materiales a los que acompaña, considerando en consecuencia además del CO₂, otros gases de efecto invernadero que influyen en dicho impacto, tales como CH₄, N₂O, SF₆ y halocarbonos, de ahí que los resultados se expresen en gr de CO₂ equivalente por kg de material, que nos permite traducir la contribución de los diversos gases a una unidad común.

En cuanto a los diferentes valores obtenidos para el consumo energético de un mismo material a través de las cuatro fuentes especificadas, señalar que pueden deberse, por un lado, a la actualización en el tiempo de la fuente 2 (año 2009) con respecto a la fuente 1 (datos recogidos en el año 1999) y, por otro lado, a que la fuente 4 incluye el valor de combustión para los materiales a los que representan, no estando definido en la fuente 1 o 2.

2.2.5. Conclusiones.

Por lo tanto, podemos concluir a la vista de lo expuesto en este capítulo que no existen trabajos de investigación a nivel nacional que tengan por objetivos los expuestos en la presente tesis doctoral para nuestra Comunidad Autónoma, y que la aplicación de las herramientas citadas no reúne las características exigidas, además de requerir el manejo de programas informáticos y bases de datos

no disponibles para cualquier profesional. Sin embargo, tendremos en consideración la fuente de información citada con el número 2 por ser la que más se adapta a nuestros fines; esto es, proporciona valores relacionados con el consumo energético que se producen en la fabricación de los materiales de construcción empleados en España, así como las emisiones de CO₂ derivadas del proceso, se encuentra actualizada y contempla un gran número de materiales.

Por ello, consideramos oportuno continuar investigando en este ámbito desarrollando una metodología de cálculo que nos permita cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ de las construcciones más habituales desarrolladas en Sevilla, al alcance de todos los agentes intervinientes en el proceso constructivo, a fin de ampliar el campo de trabajo y transferencia de los resultados de nuestra investigación.

A su vez intentaremos dar respuesta a aquellas incógnitas, a nuestro entender sin respuesta en los programas utilizados en los trabajos expuestos, cuyos resultados conjuntos podrían servir en el futuro para establecer comparativos entre diferentes Comunidades Autónomas y elaborar propuestas unificadas de mejora ambiental desde la óptica del consumo energético y emisiones de CO₂ derivadas de la fabricación de los materiales de construcción, empleados en edificación a nivel nacional.

2.3. DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES UTILIZADOS

Debido al empleo de los conceptos “proceso productivo” y “producto de construcción” en la definición de los indicadores utilizados en los objetivos de la presente tesis doctoral, se considera preciso especificar qué entendemos por los conceptos citados en el ámbito de nuestra investigación.

Proceso productivo: Entendiendo que la producción de los materiales de construcción es una transferencia de una parte esencial del sistema productivo de la arquitectura a la industria, y que constituyen algo más que una mera concesión de una parte del proceso a un ámbito externo al dominio técnico de la arquitectura, al llevar asociados los aspectos claves que determinan las calidades de los elementos constructivos, proceso productivo es el lugar donde se controlan los aspectos estratégicos de la tecnología arquitectónica, transportada de la obra a la industria como sede del nuevo sistema técnico, y las propiedades físicas y formales de los materiales obtenidos en los procesos industriales.

Este concepto es a su vez definido como: “Cada uno de los elementos integrantes de un sistema productivo” (De Montes Delgado, M.V.; 2007)²⁷. Aplicando esta definición a un producto de construcción, entendemos por proceso cada una de las partes de menor dimensión en que es susceptible de ser dividido la elaboración en la fábrica de un determinado producto de construcción.

Producto de construcción, es el elemento resultante del proceso productivo definido y por el material que se transferirá de la fábrica a la obra, lugar natural de los procesos del antiguo sistema técnico orgánico, obtenido tras el proceso de elaboración que tiene lugar en la misma, donde se produce la transformación de la materia prima que lo constituye, vinculado a todos los sistemas internos necesarios para la obtención del resultado final.

En consecuencia se define:

Consumo energético de los materiales de construcción, la cantidad de energía consumida o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a su proceso productivo. Dicha magnitud queda reflejada en un indicador cuantitativo expresado en MJ/kg de material de construcción.

Emisiones de CO₂ de los materiales de construcción, la cantidad de emisiones de gas carbónico (CO₂), derivadas del proceso productivo de los materiales de construcción. Dicha magnitud queda reflejada en un indicador cuantitativo expresado en kgCO₂/kg de material de construcción.

²⁷ De Montes Delgado, M^a Victoria. “Nuevo Modelo de presupuestación de obras basado en procesos productivos”. Tesis doctoral U.S, 2007. Dirigida por D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo.

3. OBJETIVOS

Los materiales de construcción son la estructura material mediante la cual se configuran los edificios que proyectamos y construimos. Su elección constituye uno de los primeros ámbitos de responsabilidad del arquitecto y otros agentes de la edificación, siendo su proceso de fabricación uno de los fines a los que se destina gran parte de nuestros recursos energéticos, y junto con el uso de las edificaciones, uno de los factores determinantes de las emisiones de CO₂ globales a la atmósfera.

En esta línea de compromiso con el medioambiente, el objetivo principal de esta tesis doctoral, es la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ en la construcción de viviendas de protección oficial en Sevilla, derivadas de los recursos materiales empleados en su ejecución.

Para lograr la meta propuesta es necesario el cumplimiento de otros objetivos de rango menor, que pueden ordenarse en cuatro niveles jerárquicos, atendiendo a la prioridad temporal en su consecución. La siguiente figura ilustra dicha estructura jerárquica de objetivos.

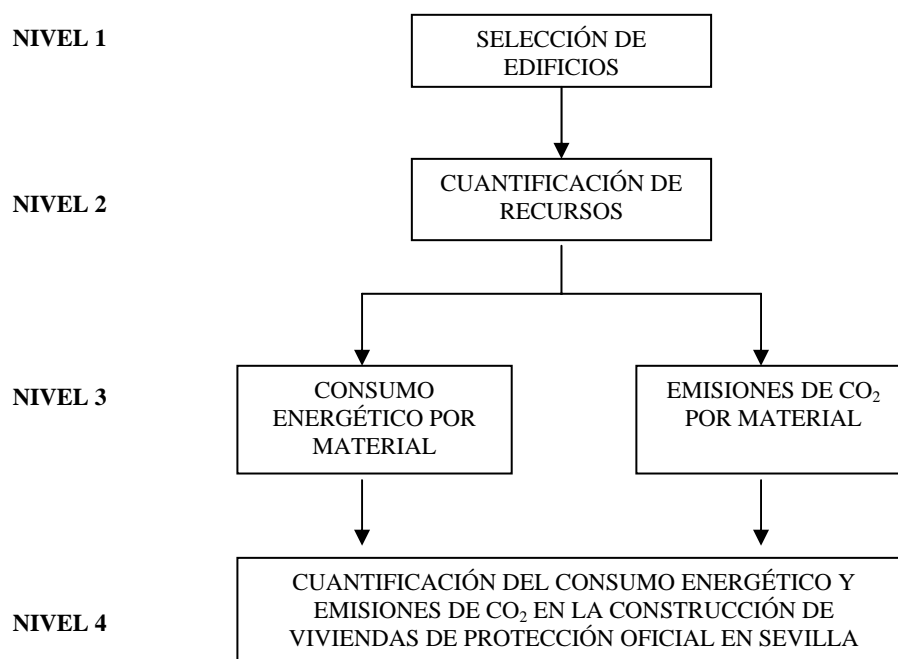


Figura 3.1. “Jerarquía de objetivos”

NIVEL 1: SELECCIÓN DE EDIFICIOS.

El objetivo en el Nivel 1 es seleccionar una muestra de edificios cuyas características constructivas y tipológicas sean representativas de la edificación destinada a viviendas de protección oficial en Sevilla, a la que denominaremos Modelo Constructivo Habitual (MCH).

NIVEL 2: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS.

En el Nivel 2 se pretende cuantificar, en kg por metro cuadrado construido, los recursos materiales consumidos en la ejecución del modelo constructivo establecido en la muestra seleccionada.

NIVEL 3: CONSUMOS ENERGÉTICOS Y EMISIONES DE CO₂ POR COMPONENTE MATERIAL.

En el Nivel 3 el objetivo es conocer el consumo energético, expresado en **MJ/kg** y las emisiones de CO₂, expresadas **kgCO₂/kg**, producidas en la fabricación de los componentes básicos materiales implicados en la ejecución del MCH.

NIVEL 4: CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO₂ EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL EN SEVILLA.

La consecución de los objetivos planteados en los niveles inferiores, conduce en el Nivel 4 y último a cuantificar el consumo energético, expresado en **MJ/m²** de superficie construida y las emisiones de CO₂, expresadas en **kgCO₂/m²**, que se producen en la ejecución del MCH, derivados de la fabricación de los componentes básicos materiales que lo constituyen.

La identificación y cuantificación de los recursos materiales empleados en la tipología elegida para el estudio, permitirá evaluar el impacto ambiental que se produce en Sevilla, a través de dos de los indicadores de impacto ambiental más relevantes asociados al peso por m² de construcción:

- a. Energía consumida en el proceso de fabricación de los materiales de construcción empleados en su ejecución.

- b. Emisiones de CO₂ asociadas al mismo; dado que no podemos obviar la elevada cantidad de

energía necesaria para disponer de estos materiales de construcción y el impacto ambiental que producen, derivados de su transformación.

4. METODOLOGÍA

La metodología propuesta pretende proporcionar las herramientas de trabajo necesarias para satisfacer el cumplimiento de los objetivos, así como resolver los inconvenientes que surjan en el camino. En posteriores apartados se abordará el análisis pormenorizado de las etapas de trabajo a las que ha dado lugar.

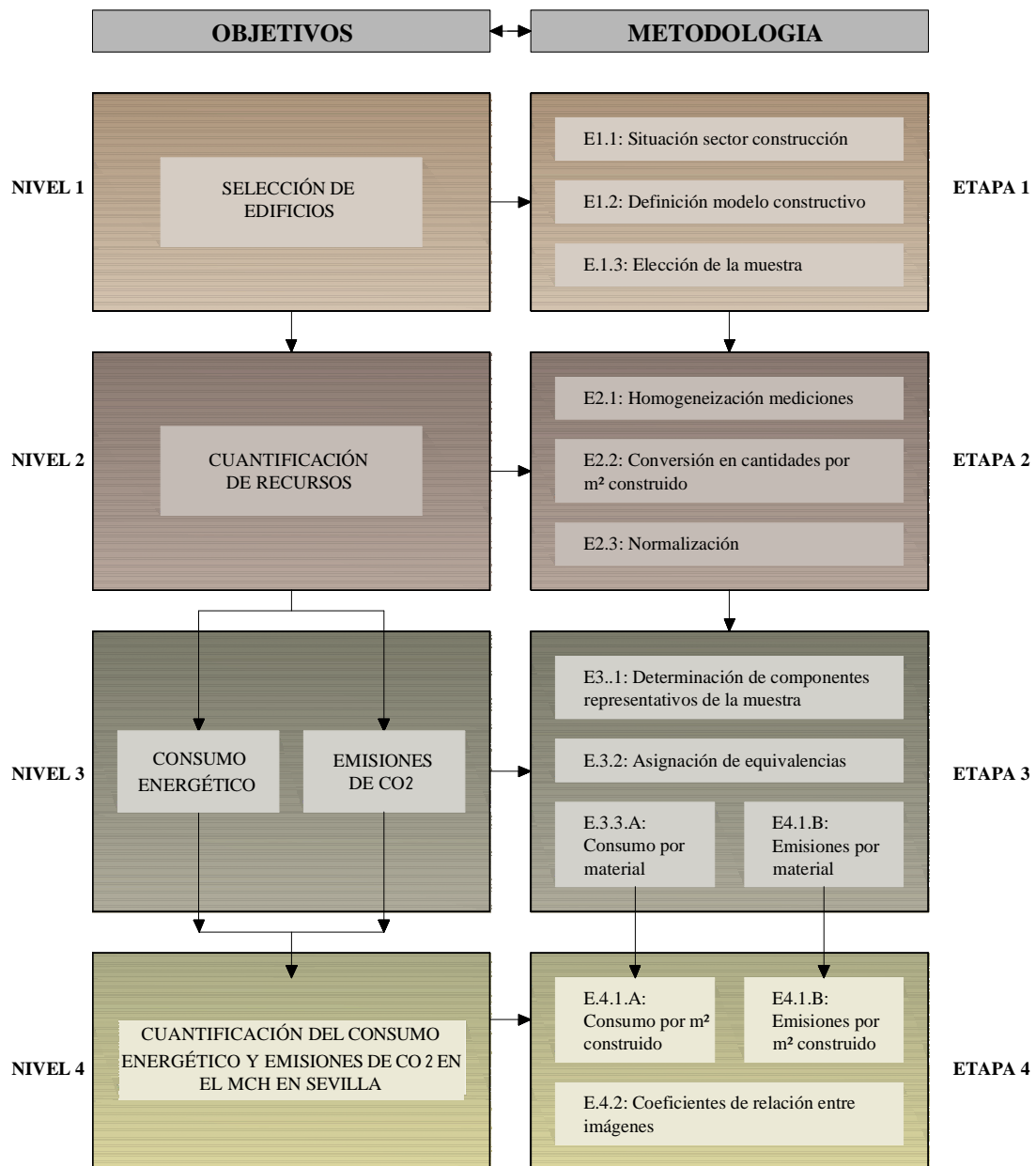


Figura 4.1. "Esquema metodológico"

En respuesta a la estructura jerárquica de objetivos, se establece un plan de etapas que atenderá al mismo orden jerárquico, relacionando en sentido descendente las diferentes etapas y subetapas necesarias para lograr el objetivo principal y en sentido horizontal, las necesarias para cubrir los objetivos de rango menor. La figura anterior ilustra la estructura jerárquica planteada en la metodología y su relación con los objetivos propuestos.

Cada una de las etapas definidas, se desglosa a su vez en diferentes subetapas, a las que se les asigna la nomenclatura Eijk, donde el primer subíndice “i” se corresponde con la etapa de la metodología en la que nos encontramos, el segundo subíndice “j”, atiende al orden jerárquico temporal que es preciso realizar para culminar cada etapa y el tercer subíndice “k”, aparece en el caso de que en la misma etapa puedan seguirse caminos paralelos para resolver distintos objetivos.

De esta forma, para lograr el objetivo de rango menor planteado en el nivel 1, consistente en seleccionar una muestra de edificios, es preciso realizar la etapa 1 planteada en las siguientes subetapas; E₁₁: Situación sector construcción, E₁₂: Definición modelo constructivo y E₁₃: Elección de la muestra.

Para conseguir el objetivo expuesto en el nivel 2, cuantificación de recursos, es necesario llevar a cabo la etapa 2, subdividida a su vez en las subetapas; E₂₁: Homogeneización mediciones, E₂₂: Conversión en cantidades por m² construido y E₂₃: Normalización.

En el nivel 3 los objetivos a cumplir son dos, la determinación de los consumos energéticos y las emisiones de CO₂ de los componentes básicos materiales constitutivos del modelo constructivo definido. En esta etapa 3, el camino a seguir es paralelo para cada uno de los objetivos, lográndose mediante la realización de las subetapas comunes E_{3,1}: Determinación de componentes representativos y E₃₂: Asignación de equivalencias, desglosándose finalmente en las subetapas E_{33,A}: Consumo por material y E_{33,B}: Emisiones por material.

En el nivel 4 se continua con los caminos en paralelo propuestos en las subetapas anteriores, obteniéndose en la subetapa E_{41A}: Consumo por m² construido y en la E₄₂: Emisiones por m² construido, para cada uno de los componentes básicos de la muestra.

La ejecución de las etapas expuestas en el esquema planteado en la figura 4.1. “Esquema metodológico” en el orden jerárquico establecido, permitirá en la última subetapa E₄₂: Cuantificar el consumo energético y emisiones de CO₂ en el modelo propuesto; esto es, en la construcción de viviendas de protección oficial en Sevilla, objetivo de esta tesis doctoral.

La interpretación conceptual de cada etapa y las subetapas correspondientes, analizada desde el nivel inferior al nivel superior es la siguiente:

ETAPA 1. Satisface el objetivo de rango menor considerado en el nivel 1, la selección de una muestra de edificios representativos del MCH, para lo que es necesario llevar a cabo las siguientes subetapas:

ETAPA 1.1.- Situación actual del sector de la construcción.

Es preciso conocer la situación actual de la edificación dentro del sector de la construcción, a fin de tener un conocimiento de la realidad constructiva en la que intervenir, e identificar la tipología edificatoria que represente la “moda” en el sector. Se acudirá como fuente suficientemente amplia y contrastada a las publicaciones estadísticas editadas por el Ministerio de fomento¹, información nacional y por comunidades autónomas, a partir de las licencias concedidas por los Ayuntamientos, de cual es el tipo de construcción habitual y sus características constructivas.

ETAPA 1.2.- Definición del modelo constructivo.

Para definir el modelo constructivo, cuya “morfología constructiva”; esto es, geometría, organización en la parcela, tipología, soluciones, sistemas y materiales constructivos empleados para su ejecución representen al MCH, será necesario conocer la morfología constructiva de todos los proyectos de ejecución cuyas licencias de obra se solicitaron durante los últimos cinco años en Sevilla, tomando como base de datos los correspondientes al Servicio de Licencias Urbanísticas de la Gerencia de Urbanismo de Sevilla y archivos municipales.

¹ “MINISTERIO DE FOMENTO. Edificación y Vivienda. Datos recogidos de las licencias de obra concedidas por los Ayuntamientos. Años 1994-1999, 1997-2002, 1998-2003; Construcción de edificios 1999-2004. Boletín Estadístico nº 10 Año 1999/ Obras en Edificación Año 2000”; Construcción de edificios 1999-2004. “Anuario Estadístico de Andalucía años 1992-1997-2002-2003, JUNTA DE ANDALUCIA”. Ministerio de Fomento, Madrid, 1994-2004.

ETAPA 1.3.- Elección de la muestra.

Definido el MCH, es preciso seleccionar una muestra de proyectos de ejecución, cuyas características tipológicas y constructivas coincidan con las definidas. Suficiente en número para considerar los futuros resultados representativos de la misma y del MCH. Para realizar esta tarea será necesario estudiar todos los proyectos de ejecución con las características especificadas en la etapa anterior contando con la autorización de sus autores y promotores.

ETAPA 2. Una vez definido el MCH y seleccionada la muestra de edificios a estudiar, se pretende establecer un modelo de cuantificación de los recursos materiales consumidos en su ejecución, proporcionando los datos en kg por m² construido. La aplicación del modelo de cuantificación se realiza utilizando como soporte instrumental una estructura de referencia, apoyada en un proceso organizado en las siguientes subetapas:

ETAPA 2.1.- Homogeneización de las mediciones.

En esta subetapa se parte de la recopilación de los datos correspondientes a las mediciones de los diez proyectos de ejecución seleccionados y se adecuarán en base a una estructura común que facilite su análisis comparado, utilizando para ello el campo de transferencia de la medición y atendiendo al sistema de clasificación y codificación propuesto por la BCCA. Se obtendrá un listado de las cantidades, en unidades de medida origen, correspondientes a los componentes básicos materiales consumidos en la ejecución del MCH.

ETAPA 2.2.- Conversión en cantidades por m² construido.

Para poder comparar entre los distintos proyectos de ejecución estudiados, las cantidades correspondientes a los componentes básicos materiales empleados en su ejecución, es necesario dividir las cantidades obtenidas en la subetapa anterior, por la superficie construida de cada uno de los diez proyectos de ejecución en los que aparecen, obteniendo así para cada componente básico material las cantidades originales por m² de superficie construida.

ETAPA 2.3.- Normalización.

Es necesario expresar los resultados obtenidos en la subetapa anterior en una misma unidad de medida. La normalización de las unidades resultantes consistirá en transformar la unidad origen, unidad de medida del elemento, a la unidad de destino, el peso en kg del elemento, mediante la aplicación, a cada componente básico material de la muestra, de un Coeficiente de transformación, Ct, que representa el peso por la unidad de referencia del elemento. Este proceso dará lugar a la cuantificación de los recursos materiales consumidos en el MCH, expresados en kg/m² construido.

ETAPA 3. Cuantificados los CBMs, en kg por m² construido, consumidos en la ejecución de la muestra seleccionada para el estudio representativa del MCH en Sevilla, en esta etapa se seleccionan los CBMs más representativos y se determinan los valores correspondientes al consumo energético y emisiones de CO₂, expresados en MJ/kg y kgCO₂/kg respectivamente, creando una Base de Datos medioambiental a disposición de la etapa siguiente de la metodología. Utilizaremos para ello una herramienta informática de cálculo y una base de datos de información medioambiental. Para lograr los objetivos planteados en este nivel 3 se desarrollan las siguientes subetapas:

ETAPA 3.1. Determinación de componentes representativos de la muestra.

La estrategia a seguir consiste en definir la Imagen de Referencia del MCH en Sevilla, mediante la aplicación de un conjunto de “normas”, a los CBMs consumidos en su ejecución y determinados en la subetapa 2.3, que permitan sintetizar la información de mayor relevancia, lo que dará lugar a la elección de forma justificada de los CBMs representativos de la muestra.

ETAPA 3.2: Caracterización de variables representativas de la muestra.

En esta subetapa se identifica el perfil de la Imagen de Referencia del MCH y sus límites, definidos por los extremos del intervalo intercuartílico. Utilizaremos para ello la caracterización cuantitativa de las variables obtenidas en la subetapa 2.3, el peso por m² construido de cada CBM de la muestra, mediante la definición de los parámetros estadísticos siguientes: el intervalo de confianza, la dispersión y la media aritmética; lo que lograremos mediante el empleo del programa de tratamiento de datos y análisis estadístico “Statistical Product and Service Solutions” (SPSS 11).

ETAPA 3.3: Consumo energético y emisiones de CO₂ por componente básico material.

La estrategia llevada a cabo para lograr nuestros objetivos consistirá en establecer un conjunto de hipótesis que nos permitan adaptar la información medioambiental disponible, que ha servido de base para la constitución del banco BEDEC PR/PCT del ITeC, a nuestra Imagen de Referencia, para determinar el consumo energético y las emisiones de CO₂ de los CBMs que la constituyen, expresados MJ/kg de material y kgCO₂/kg de material respectivamente.

ETAPA 4. En esta etapa se pretende cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ que se producen en el MCH en Sevilla, definido en la etapa 1 de la metodología como la construcción de Viviendas de Protección Oficial en Sevilla, consecuencia de la fabricación de los recursos materiales empleados en su construcción. Siendo necesario el desarrollo pormenorizado de las siguientes subetapas:

ETAPA 4.1: Consumo por m² construido.

Para determinar el consumo energético y las emisiones de CO₂ por m² construido correspondiente a cada uno de los CBMs representativos del MCH que definen su Imagen de Referencia, será necesario aplicar los resultados obtenidos en la subetapa 2.3., correspondientes al peso medio por m² construido de cada CBM de la muestra, a la Base de Datos de información medioambiental obtenida en la subetapa 3.3., obteniendo así los resultados deseados expresados en MJ/m² y kgCO₂/m² de material respectivamente.

ETAPA 4.2: Coeficientes de relación entre imágenes.

La estrategia utilizada en esta subetapa para lograr el objetivo principal de la tesis doctoral, consistirá en extrapolar los resultados obtenidos para la Imagen de Referencia del MCH a su Imagen Original, mediante la determinación de lo que denominaremos coeficientes de relación entre imágenes, que nos permitirán calcular la distancia que separa el MCH del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia en las dimensiones especificadas: CRce, Coeficiente de Relación en la dimensión consumo energético y CRe, Coeficiente de Relación en la dimensión de las emisiones de CO₂, proceso que permitirá cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ en la construcción de VPO en Sevilla, expresado en MJ/m² y kgCO₂/m² de material.

5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se lleva a cabo el desarrollo de la investigación que ha dado lugar a la presente tesis doctoral, siguiendo el orden jerárquico establecido en el plan de etapas expuesto en la metodología.

En cada una de las etapas definidas se especifican los resultados y se justifica la finalidad a que se destinan para la consecución de los objetivos planteados.

Para situar al lector en el entorno específico dentro de la etapa mediante la cual se consigue el objetivo expuesto en cada nivel se acompaña, como paso previo al desarrollo de cada una de ellas, su esquema metodológico específico.

ETAPA 1. El objetivo en el Nivel 1 es seleccionar una muestra de edificios cuyas características constructivas y tipológicas sean representativas de la edificación destinada a viviendas de protección oficial en Sevilla, a la que hemos denominado MCH.

Para ello es necesario llevar a cabo las siguientes subetapas en el orden jerárquico expuesto en el esquema, donde se especifican pormenorizadamente las herramientas necesarias para lograr dicho fin.

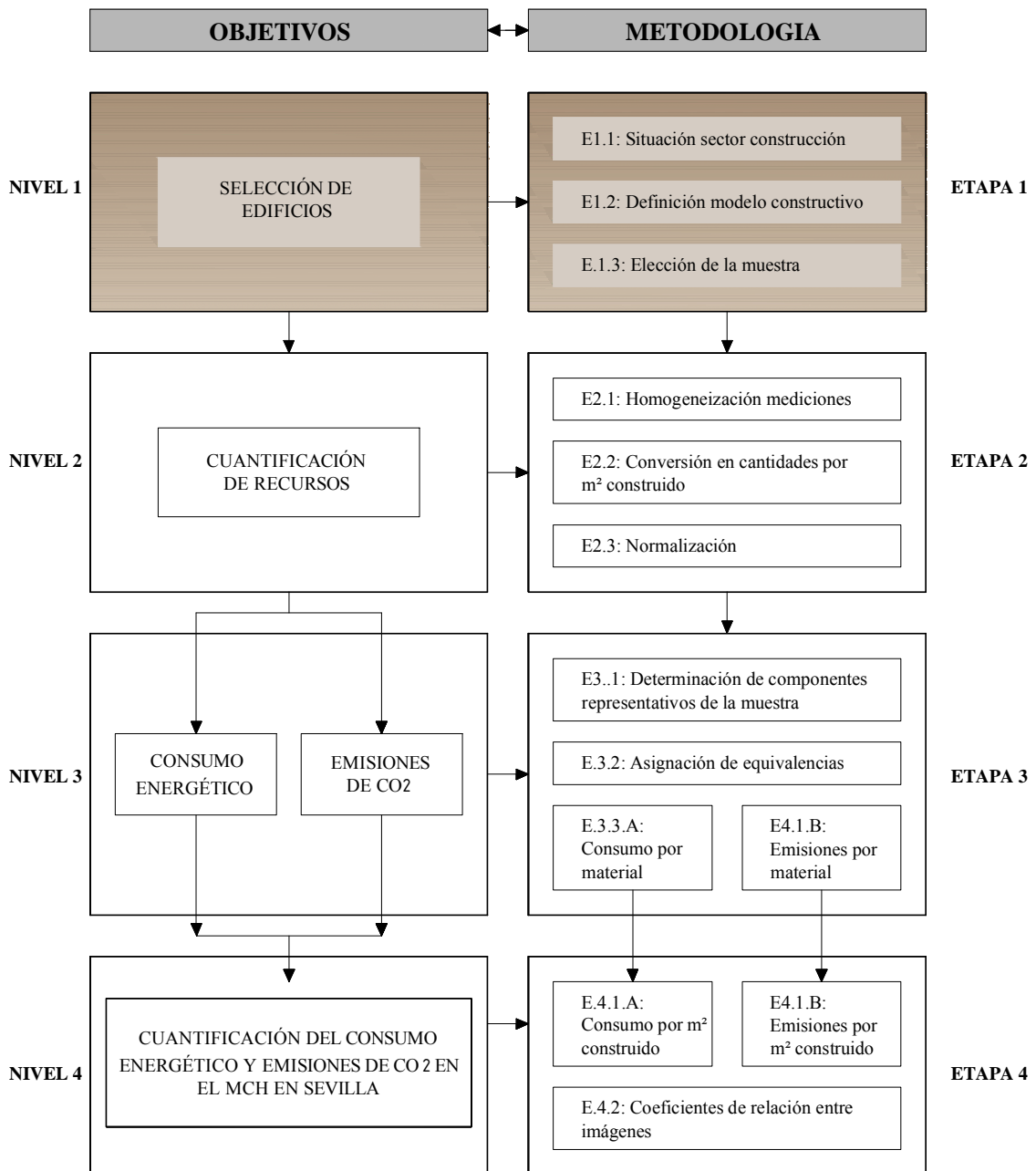


Figura 5.1. "Esquema metodológico etapa 1"

ETAPA 1.1. Situación sector construcción.

Es preciso situarnos en el marco de la construcción actual, a fin de tener un conocimiento de la realidad constructiva en la que intervenir, identificando la tipología edificatoria que represente “la moda” en el sector de la construcción.

Sabemos que no puede darse un único modelo constructivo que se adapte a todas las regiones, nacionalidades y culturas, debido fundamentalmente a que la construcción depende del clima, orografía del terreno y cultura propia del lugar donde se inserte, incluyendo en este término los hábitos y costumbres de sus usuarios. El edificio se adapta a la forma de vida y necesidades o exigencias que en cada época la sociedad va requiriéndole.

Nuestro objetivo es centrar el estudio en Sevilla, por pertenecer a nuestro entorno más próximo; aunque se amplía el ámbito a nivel nacional y en la comunidad autónoma de Andalucía, a fin de confirmar si la tipología es la misma en todos ellos y en caso negativo, determinar los aspectos en los que difieren, para verificar si es posible extrapolar los resultados de la investigación.

Por otro lado, dado que el sistema constructivo variará en función de la comunidad autónoma en la que se inserte la edificación, el estudio de la realidad del sector a nivel nacional permitirá conocer las exigencias más imperantes del mismo.

Para llevar a cabo esta tarea, se decide acudir a las publicaciones estadísticas editadas por el Ministerio de Fomento¹, información nacional y por comunidades autónomas, a partir de las licencias concedidas por los Ayuntamientos, de cual es el tipo de construcción habitual y sus características constructivas.

Las citadas publicaciones estudian los datos recogidos de las licencias de obra concedidas por los ayuntamientos y se analizan un intervalo de seis años, el comprendido entre las publicaciones realizadas desde el año 1993 hasta el año 2004. Período de tiempo considerado lo suficientemente

¹ “MINISTERIO DE FOMENTO. Edificación y Vivienda. Datos recogidos de las licencias de obra concedidas por los Ayuntamientos. Años 1994-1999, 1997-2002, 1998-2003; Construcción de edificios 1999-2004. Boletín Estadístico nº 10 Año 1999/ Obras en Edificación Año 2000”; Construcción de edificios 1999-2004. “Anuario Estadístico de Andalucía años 1992-1997-2002-2003, JUNTA DE ANDALUCIA”. Ministerio de Fomento, Madrid, 1994-2004.

amplio para recoger los crecimientos de población originados en los últimos años y los cambios producidos en la construcción como respuesta.

En la tabla expuesta a continuación, se sintetiza la información recopilada a nivel nacional más relevante para el estudio. En la misma se desglosa el número de edificios de nueva planta residenciales construidos, los más solicitados en el periodo estudiado, en función del uso a que se destinan; esto es, vivienda familiar, residencia colectiva permanente o residencia colectiva eventual, en el año de concesión de la licencia de obra, obteniendo los siguientes resultados:

EDIFICIOS DE NUEVA PLANTA						
AÑO	TOTAL	EDIFICIOS RESIDENCIALES			EDIFICIO NO RESIDENCIAL	
		TOTAL	VIVIENDA FAMILIAR	RESIDENCIA COLECTIVA PERMANENTE		RESIDENCIA COLECTIVA EVENTUAL
1993	79.618	70.977	70.600	188	189	8.641
1994	85.899	77.799	77.468	198	133	8.100
1995	96.642	86.988	86.643	153	192	9.654
1996	92.719	82.952	82.643	119	190	9.767
1997	110.776	98.562	98.157	104	301	12.214
1998	129.830	115.333	114.752	161	420	14.497
1999	146.939	131.280	130.743	154	383	15.659
2000	158.008	142.035	141.287	151	597	15.973
2001	144.576	128.874	128.178	220	476	15.702
2002	145.048	129.279	128.819	166	294	15.769
2003	167.138	150.064	149.456	201	407	17.074
2004	184.278	166.180	165.584	247	349	18.098

Tabla 5.2. “Número de licencias concedidas a edificios de nueva planta según tipo de obra.”
Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en las publicaciones del Ministerio de Fomento. Información histórica nacional.

Se decide desglosar por comunidades autónomas los datos numéricos más relevantes obtenidos a nivel nacional expuestos en la tabla anterior; esto es, los correspondientes a edificios residenciales de nueva planta destinados a vivienda familiar², para observar los correspondientes a nuestra comunidad autónoma, Andalucía y su orden de participación.

² Se estudian los datos a partir del año 1998, ya que los datos publicados en años anteriores no incluyen la información del País Vasco. En cuanto a los años 2000 y 2001 los datos publicados son provisionales; por lo que se opta por no dotar a la estructura de la tabla con cifras numéricas, aunque se constata que Andalucía continúa estando en primer lugar.

EDIFICIOS RESIDENCIALES DE NUEVA PLANTA DESTINADOS A VIVIENDA FAMILIAR POR COMUNIDAD AUTÓNOMA Y AÑO					
COMUNIDAD AUTÓNOMA	1998	1999	2002	2003	2004
ANDALUCÍA	19.796	23.901	25.776	31.402	31.702
ARAGON	3.053	2.904	3.593	3.349	3.763
PRINCIPADO ASTURIAS	1.278	1.615	1.337	1.508	1.545
ISLAS BALEARES	3.452	3.953	2.252	2.153	2.470
CANARIAS	7.683	8.318	7.042	7.757	5.776
CANTABRIA	1.903	2.470	2.242	2.210	3.120
CASTILLA-LA MANCHA	11.080	11.698	17.053	22.727	23.677
CASTILLA Y LEON	5.474	5.324	3.797	6.049	6.943
CATALUÑA	16.692	16.652	14.952	21.934	26.040
COMUNIDAD VALENCIANA	12.866	16.482	18.682	21.144	21.553
EXTREMADURA	1.951	2.670	2.473	1.983	2.571
GALICIA	5.647	7.153	7.316	4.727	6.140
COMUNIDAD DE MADRID	13.050	16.980	11.825	12.141	14.860
REGIÓN DE MURCIA	7.145	7.473	5.871	6.600	8.938
C. FORAL DE NAVARRA	1.624	1.323	1.424	1.360	2.067
PAIS VASCO	1.549	1.360	2.671	1.764	3.254
LA RIOJA	509	467	513	648	1.165
TOTAL NACIONAL	114.752	130.743	128.819	149.456	165.584

Tabla 5.3. “Número de edificios según tipo de obra: de nueva planta residencial destinados a vivienda familiar por comunidades autónomas”

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos derivados de los totales de edificios construidos en los períodos correspondientes en la tabla anterior.

Para conocer los datos en nuestro entorno más próximo, Sevilla; en la siguiente tabla se desglosan los datos correspondientes a edificios residenciales de nueva planta destinados a vivienda familiar de la comunidad autónoma de Andalucía en sus provincias. Coincide además, en base a los resultados de la tabla anterior, que en el intervalo de años considerado Andalucía es la comunidad autónoma donde se han solicitado un mayor número de licencias destinadas a este tipo de obra. Se obtienen los siguientes datos por provincia:

PROVINCIA	1.998	1.999	2002	2.003	2.004
ALMERIA	1.704	2.150	2.382	2.785	2.796
CÁDIZ	2.419	4.296	3.279	4.360	3.677
CÓRDOBA	1.323	1.034	2.358	2.220	3.064
GRANADA	3.192	3.144	4.772	4.566	4.885
HUELVA	1.508	1.630	1.257	2.914	2.378
JAÉN	1.772	2.296	2.264	2.575	2.448
MÁLAGA	3.612	3.690	4.485	5.324	4.489
SEVILLA	4.266	5.661	4.979	6.658	7.965
ANDALUCÍA	19.796	23.901	25.776	31.402	31.702

Tabla 5.4. “Número de edificios de nueva planta residenciales destinados a vivienda familiar por provincias en Andalucía”.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos derivados de los totales de edificios construidos en los años correspondientes de la tabla anterior.

De los datos estadísticos publicados por el Ministerio de Fomento para el año 2003, se obtiene además el número de viviendas construidas en relación con las plantas sobre rasante y bajo rasante que ocupan, que desglosadas por provincias dentro de la comunidad autónoma de Andalucía quedan expresadas en la tabla adjunta:

Nº DE VIVIENDAS SEGÚN EL Nº DE PLANTAS SOBRE Y BAJO RASANTE DEL EDIFICIO EN ANDALUCÍA Y SUS PROVINCIAS									
PROVINCIA	TOTAL	PLANTAS SOBRE RASANTE					PLANTAS BAJO RASANTE		
		0 - 1	2	3	4 - 5	≥ 6	0	1	≥ 2
Almería	13.639	322	3.052	3.774	4.207	2.284	3.438	8.428	1.773
Cádiz	14.129	631	5.395	3.161	3.548	1.394	5.502	6.860	1.767
Córdoba	6.736	182	2.180	3.000	1.374	-	2.130	3.566	1.040
Granada	10.198	281	4.207	2.070	2.894	746	1.974	6.632	1.592
Huelva	7.667	347	3.112	2.015	911	1.282	3.713	3.442	512
Jaén	5.090	199	1.964	1.380	1.344	203	1.908	2.743	439
Málaga	19.518	659	5.259	4.071	5.742	3.787	3.986	12.516	3.016
Sevilla	15.076	779	7.803	2.076	2.516	1.902	7.544	6.308	1.224
ANDALUCÍA	92.053	3.400	32.972	21.547	22.536	11.598	30.195	50.495	11.363

Tabla 5.5. “Número de viviendas según el nº de plantas sobre y bajo rasante del edificio en la Comunidad Autónoma de Andalucía y sus Provincias”.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Fomento.

De las tablas anteriores se deduce que:

- El edificio que más se construye en el país es de nueva planta y uso residencial, destinado a vivienda familiar.
- En el último año estudiado 2004, el total de edificios residenciales construidos fueron 165.584, de los cuales las comunidades autónomas en que más se construyó fueron:

Andalucía	31.702 edificios
Cataluña	26.040 edificios
Castilla la Mancha	23.677 edificios
Comunidad Valenciana	21.553 edificios
Comunidad de Madrid	14.860 edificios.

- En Andalucía, en el año 2004, se distinguen entre las provincias de mayor relevancia constructiva:

Sevilla	7.965 edificios
Granada	4.885 edificios
Málaga	4.489 edificios
Cádiz	3.677 edificios.

- Tanto a nivel nacional, como en la comunidad autónoma de Andalucía y dentro de ella en la provincia de Sevilla, el edificio de nueva planta más numeroso destinado a vivienda familiar está constituido por dos plantas sobre rasante y ninguna bajo rasante. Este número es seguido en proximidad por las viviendas englobadas dentro del edificio denominado residencia colectiva; esto es el bloque de viviendas, constituidas por 4 o 5 plantas sobre rasante y una planta bajo rasante.

Además de lo expuesto, se comprueba que en el periodo de años considerado Sevilla es la provincia de Andalucía donde más edificios residenciales de nueva planta se construyen; por lo que se mantiene la decisión primitiva de centrar en ella el estudio para obtener el modelo de construcción a estudiar.

Queda ahora definir la tipología constructiva correspondiente a los edificios de nueva planta destinados a uso residencial tanto a nivel nacional como en Andalucía y en Sevilla. Los resultados, expresados en porcentajes se resumen en la tabla siguiente:

Nº DE EDIFICIOS SEGÚN SU TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA EN PORCENTAJES PARA EDIFICIOS DE NUEVA PLANTA DESTINADOS A USO RESIDENCIAL				
TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA		NACIONAL	ANDALUCÍA	SEVILLA
ESTRUCTURA VERTICAL	Hormigón Armado	67,3	86,9	71,9
	Metálica	3,9	1,2	2,7
	Muros de carga	21,4	10,5	23,2
	Otros	7,4	1,4	2,2
ESTRUCTURA HORIZONTAL	Unidireccional	88,4	84,3	93,6
	Otros	11,6	15,7	6,4
CUBIERTA	Plana ($\leq 5\%$)	24,8	33,6	57,7
	Inclinada	75,2	66,4	42,3
CERRAMIENTO EXTERIOR	Cerámicos	57,2	65,3	56,1
	Pétreos	8,6	5,5	2,5
	Revestimiento continuo	29,8	25,4	39,2
	Otros	4,4	3,8	2,2
CARPINTERÍA EXTERIOR	Madera	9	8,4	9,6
	Aluminio	86	87,8	82,7
	Plástico	4,1	2	2,1
	Otros	0,9	1,8	5,6

Tabla 5.6. "Tipología constructiva de los edificios residenciales de nueva planta, a nivel nacional, por comunidad autónoma y en Sevilla.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Ministerio de Fomento.

Desarrollando con gráficos los resultados anteriores, podemos observar con mayor claridad las diferencias existentes en los porcentajes tanto a nivel Nacional como en Sevilla, donde se centra nuestro estudio.

En el eje de abscisas se disponen los diferentes sistemas constructivos que definen el edificio, y dentro de cada uno de ellos los tipos de materiales con los que pueden ser ejecutados. En el eje de ordenadas se disponen los porcentajes. Las figuras muestran en color morado los porcentajes dentro de cada sistema constructivo con los que se ejecutan la edificación en España, mientras que en color burdeos se encuentran los datos referentes al ámbito de Sevilla.

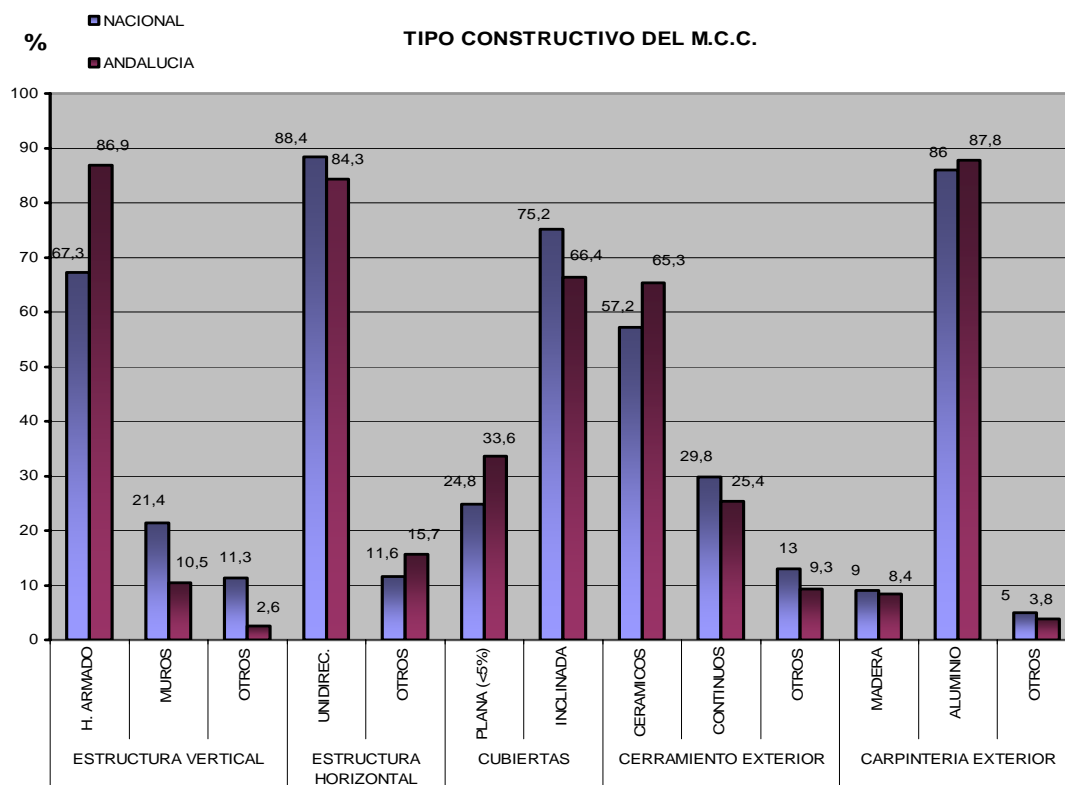


Figura 5.7. “Porcentajes de ejecución de los diferentes tipos de la edificación más representativa a nivel nacional y en Sevilla”

De la información mostrada en el gráfico anterior se observa cómo la estructura vertical de hormigón armado, tanto en pilares como en muros de sótano es la predominante tanto a nivel nacional como en Sevilla, con porcentajes muy elevados respecto al resto de estructuras.

En cuanto a la estructura horizontal, la constituida por forjados unidireccionales de viguetas prefabricadas de hormigón armado y bovedillas cerámicas o de mortero es la predominante.

Respecto al tipo de cubierta utilizado, es en este punto donde únicamente difiere la tipología constructiva a nivel nacional y en Sevilla, ya que evidentemente el clima influye decisivamente en este subsistema constructivo y la respuesta que el edificio debe dar en mayor o menor medida a la climatología en la que se encuentra inmerso. De ahí que la cubierta inclinada es el tipo de cubierta que más se da a nivel nacional con un 75,2% y la cubierta plana en Sevilla con un 57,7%.

El cerramiento exterior constituido por ladrillo cerámico es el más usual tanto a nivel nacional como en Sevilla, precediendo al revestimiento continuo, revestimientos pétreos y otros.

En cuanto a la carpintería exterior, el aluminio es el material imperante, dejando prácticamente inusuales el resto de carpinterías tales como la madera, el plástico, la chapa de acero y otros.

Conclusiones Etapa 1.1:

De los datos anteriores, obtenidos de las estadísticas del Ministerio de Fomento, se deduce la situación del sector de la construcción a nivel nacional, en Andalucía y en Sevilla; siendo sus resultados los que siguen:

- La edificación que más se construye es de nueva planta y uso residencial, por lo que en este tipo de edificación debe centrarse el estudio del MCH.
- Elegimos Sevilla para el estudio pormenorizado del MCH por proximidad. Resulta además que es la provincia más representativa a nivel nacional del modelo de edificio de nueva planta y uso residencial en el periodo de años 1998-2004.
- El número de plantas sobre rasante que constituye el modelo de edificio de nueva planta destinado a vivienda residencial en la provincia de Sevilla, es de dos plantas y ninguna bajo rasante, precedido del constituido por 4 o 5 plantas sobre rasante y una bajo rasante.
- Tanto a nivel nacional como en la Comunidad Autónoma de Andalucía la tipología constructiva de los edificios residenciales de nueva planta coinciden, estando constituida por: Estructura vertical de hormigón armado, estructura horizontal de forjados unidireccionales, cubierta inclinada, cerramiento exterior cerámico y carpintería exterior de aluminio.
- En Sevilla la tipología constructiva de los edificios residenciales de nueva planta y uso residencial es la formada por:

Estructura vertical de hormigón armado, estructura horizontal de forjados unidireccionales, cubierta plana, cerramiento exterior cerámico y carpintería exterior de aluminio.

- Es la cubierta el único punto en que difiere de la tipología nacional y andaluza.

ETAPA 1.2. Definición del Modelo Constructivo Habitual (MCH).

En esta etapa nos centraremos en la definición de la tipología constructiva más habitual correspondiente a los edificios de nueva planta y uso residencial en Sevilla. El modelo elegido será aquel cuya “morfología constructiva”; esto es, geometría, organización en la parcela, tipología, soluciones, sistemas y materiales constructivos empleados para su ejecución, coincidan con los más usados en las construcciones actuales.

Por otro lado, al ser convencional será de interés general para el sector de la construcción y para la sociedad; pudiéndose plantear en futuros trabajos soluciones ecoeficientes alternativas a los problemas existentes en la construcción de hoy día.

Dado que los datos estadísticos obtenidos de las publicaciones editadas por el Ministerio de Fomento se refieren a la provincia de Sevilla y pretendemos definir la tipología constructiva habitual en la ciudad de Sevilla, se estima necesario completar el estudio con el trabajo de campo realizado en el Servicio de Licencias Urbanísticas de la Gerencia de Urbanismo de Sevilla, a fin de estudiar todos los proyectos de ejecución de edificios residenciales de nueva planta que solicitaron licencias de obra durante los últimos cinco años.

El programa informático utilizado para la realización de este trabajo ha sido el denominado Gestión Integrada de Expedientes (GIE)³. Programa implantado en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla en el año 2000 como herramienta de aplicación dirigida a la gestión de expedientes que permite el flujo de información entre las diferentes unidades administrativas.

Se obtiene un listado de todos los proyectos que solicitan licencia de obras desde el año 2003 y hasta el año 2008, a los que se asigna un número de expediente. La búsqueda de información se completa accediendo a cada uno de los números de expedientes localizados, planteándose los siguientes inconvenientes:

- No todos los proyectos que solicitan licencia de obras cuentan con un informe favorable para su ejecución. Algunos de los proyectos son desestimados, por incumplimiento con la

³ Esta aplicación es el núcleo informático básico de la Gerencia de Urbanismo de Sevilla, desarrollado con medios propios, con arquitectura cliente/servidor e implementado en Microsoft Visual Basic V6, y Oracle V8.1.5 (en la actualidad migrada a la versión 9.2.0.1.0).

Normativa del PGOU, por falta de documentación o por falta de autorización de Patrimonio. Interesa aquellos proyectos que cuentan con licencia de obras favorable.

- La información correspondiente al listado obtenido no garantiza la ejecución de las obras para las que se solicitan licencia. Garantizan su ejecución aquellos proyectos que habían presentado el acta de inicio o la solicitud de la licencia de Primera Ocupación, para lo cual es requisito presentar el Certificado Final de obra y el proyecto reformado definitivo, que sería el estudiado. Esta información no aparece en todo el listado.
- Falta de disponibilidad de proyectos en los archivos municipales. El proceso de concesión de licencia municipal es lento, dado que el proyecto debe obtener el visto de bueno de una serie de gabinetes antes de concederse la licencia de obra y en muchos casos los expedientes se encontraban en supervisión en alguno de ellos, por lo que el acceso a los mismos era imposible.

Esto nos lleva a poner en crisis el estudio de los proyectos en el intervalo considerado 2003-2008; por lo que se decide centrar el análisis en el primer año del intervalo considerado por los siguientes motivos:

- Cuentan con licencia de obras favorable.
- Se encuentran en ejecución o ejecutados, al contar con el acta de inicio o con la licencia de ocupación, lo que permite visitar la ejecución de las obras y verificar su concordancia con el proyecto de ejecución.
- Los proyectos están disponibles en los archivos municipales, al contar con licencia de obra favorable, tras su paso por los correspondientes gabinetes de supervisión.

El estudio de cada uno de los proyectos, disponibles en los archivos municipales, permitió conocer las características constructivas de los edificios, su geometría, su disposición dentro de la parcela y las mediciones del proyecto de ejecución. Datos obtenidos de los proyectos a través de sus planos, memoria constructiva y mediciones de proyecto.

En esta etapa se obtienen los siguientes resultados correspondientes al año 2003 que se resumen en la tabla adjunta y que pueden observarse de forma pormenorizada en las fichas realizadas al efecto en el anexo I:

FICHA DEL EDIFICIO: CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN		N°
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
N° DE PLANTAS:	<input type="checkbox"/> SOBRE RASANTE	<input type="checkbox"/> BAJO RASANTE
N° DE EDIFICIOS POR PROYECTO:	<input type="checkbox"/>	
TIPOLOGIA:	<input type="checkbox"/> UNIFAMILIAR	<input type="checkbox"/> Aislada
	<input type="checkbox"/> PLURIFAMILIAR	<input type="checkbox"/> M. cerrada
	<input type="checkbox"/> Edificio aislado	<input type="checkbox"/> Entremedianeras
PROMOTOR:	<input type="checkbox"/> PUBLICO	<input type="checkbox"/> PRIVADO
REFERENCIA DEL PROYECTO: EXPDTE GMU N°	<input type="text"/>	
DATOS DEL EDIFICIO:		
SUPERFICIE CONSTRUIDA TOTAL:	<input type="text"/>	m ²
NÚMERO DE VIVIENDAS:	<input type="text"/>	u
METROS CUADRADOS/ VIVIENDA:	<input type="text"/>	m ² / viv
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS		ESQUEMA DE ORGANIZACIÓN
ESTRUCTURA VERTICAL:		
<input type="checkbox"/> Hormiçón armado	<input type="checkbox"/> Pilares	
	<input type="checkbox"/> Muros	
	<input type="checkbox"/> Prefabricado	
<input type="checkbox"/> Metálica	<input type="checkbox"/> Pilares	
<input type="checkbox"/> Fábrica de ladrillo	<input type="checkbox"/> Pilares	
	<input type="checkbox"/> Muros de carga	
<input type="checkbox"/> Otros	<input type="text"/>	
ESTRUCTURA HORIZONTAL:		
CIMENTACION:	FORJADO TIPO:	
<input type="checkbox"/> Losa H.A.	<input type="checkbox"/> Unidireccional de viguetas	<input type="checkbox"/> Semirresistente Autoportante Metálica
<input type="checkbox"/> Zapatas H.A.	<input type="checkbox"/> Bidireccional	
<input type="checkbox"/> Pilotes	<input type="checkbox"/> Losa H.A.	<input type="checkbox"/> In situ Alveolar
<input type="checkbox"/> Muro perimetral H.A.		
CUBIERTAS:	CARPINTERIA EXTERIOR:	
<input type="checkbox"/> Plana	<input type="checkbox"/> Transitabile	<input type="checkbox"/> Aluminio
	<input type="checkbox"/> No transitabile	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Inclínada	<input type="checkbox"/> Tejas	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Metálica	
	<input type="checkbox"/> Ligera	
CERRAMIENTO:		
<input type="checkbox"/> Ligero		
<input type="checkbox"/> Prefabricado		
<input type="checkbox"/> Pesado	<input type="checkbox"/> Fabrica de ladrillo	<input type="checkbox"/> 1 hoja.
		<input type="checkbox"/> 2 hojas.
	<input type="checkbox"/> Termoarcilla	

Figura 5.8. "Elaboración propia. Ficha de características constructivas de la edificación"

RESUMEN AÑO 2003				
TIPO CONSTRUCTIVO	Nº DE PLANTAS SOBRE Y BAJO RASANTE	Nº EDIFICIOS	SUPERFICIE CONSTRUIDA	%
ENTRE MEDIANERAS	PB	5	1630,12	0,30%
ENTRE MEDIANERAS	PB+1/S, PB+1+A	140	67.432	12,27%
ENTRE MEDIANERAS	PB+2, PB+2+S/2S, PB+2+A, PB+2+S+A,	69	58.694,7	10,68%
MANZANA	PB+3, PB+3+S/2S, PB+3+A+S	24	155.712,54	28,33%
MANZANA	PB+4+S/2S, PB+4+S+A	16	46.023,72	8,37%
MANZANA	PB+5, PB+5+S/2S, PB+5/2+3S, PB+5+A+2S	5	55.201,68	10,04%
MANZANA	PB+6+S, PB+6+A+2S	4	41.523,87	7,55%
AISLADA	PB+7+S/3S, PB+7+A+2S	4	70.309,4	12,79%
AISLADA	PB+8+S/2S, PB+8+A+2S	4	53.154,75	9,67%
TOTALES		271	549.682,78 m²	100 %

Tabla 5.9. “Elaboración propia. Resumen del año 2003⁴ de las licencias concedidas en la ciudad de Sevilla para edificios residenciales de nueva planta”

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla.

Donde:

PB: Es el edificio constituido por planta baja.

PB+n+A+S: Es el edificio constituido por planta baja, más el número de plantas sobre rasante correspondientes a “n”, ático en cubierta si aparece la letra “A” y el número de plantas bajo rasante de sótano que acompañen a la letra “S”.

⁴ Trabajo de campo realizado en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla. Su desarrollo explícito se encuentra en el anexo I.

Los datos anteriores expresados mediante gráficos resultan del siguiente modo:

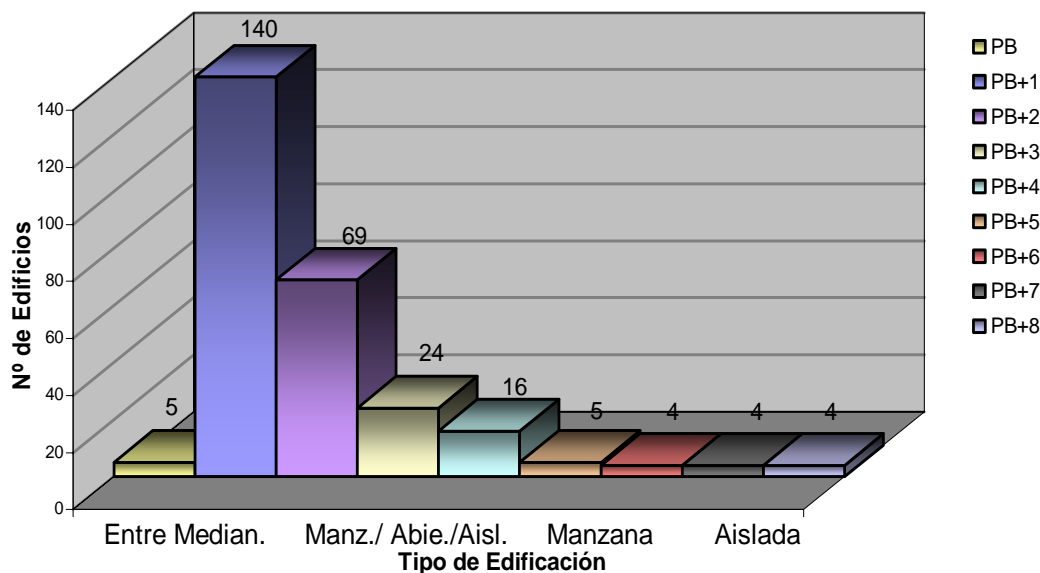


Figura 5.10. “Resumen año 2003 de los tipos de edificios más usuales en Sevilla”.

Fuente: Elaboración propia a partir de los obtenidos en la tabla anterior.

De la información obtenida en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla se concluye que en el año 2003 de los 271 edificios de nueva planta residenciales, 140 proyectos estaban destinados a viviendas entre medianeras constituidos por dos plantas, planta baja más una planta sobre rasante, algunos de ellos incorporaban además una planta ático en cubierta y otros, en minoría, una planta bajo rasante destinado a garaje; tipología que coincide con la obtenida en la Provincia de Sevilla⁵, en Andalucía y a nivel nacional.

Si analizamos los resultados anteriores en relación con la superficie construida que consumen los 271 edificios residenciales, esto es unos 549.682,78 m², observamos que el edificio constituido por cuatro plantas de altura, planta baja más tres plantas sobre rasante y una planta bajo rasante destinada a aparcamientos, son los que consumen mayor superficie construida respecto del total.

⁵ Ministerio de Fomento. “ Construcción de Edificios 1.999-2.004”. Edificios de nueva planta según el nº de plantas sobre y bajo rasante por CCAA y provincias, pág. 63. (2.005).

Este tipo de edificios supone un consumo de 155.712,54 m², un 28,33%, estando el resto muy repartido entre los edificios de dos plantas sobre rasante, que consumen un 12% aproximadamente respecto de la superficie construida total consumida y con un 13% el edificios constituido por ocho plantas sobre rasante con dos plantas de sótano.

Representando a modo de gráfico los datos anteriores podemos tener una visión más clara de lo expuesto en la siguiente figura:

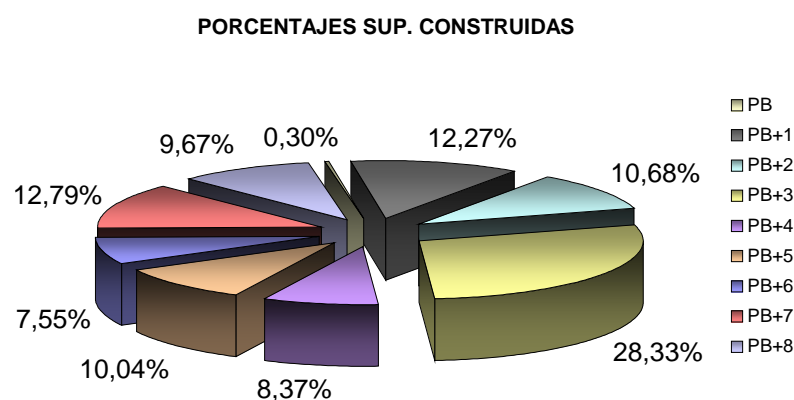


Figura 5.11. “Resumen año 2003 de los porcentajes de superficie construidas consumidas por los tipos de edificios más usuales construidos en Sevilla, en función del número de plantas que lo constituyen”.

Fuente: Elaboración propia a partir de los obtenidos en la tabla 5.8.

En primera instancia y antes de obtener otro criterio que justifique la elección de uno de ellos, en esta etapa se deciden estudiar de forma pormenorizada todos los proyectos de dos plantas, por ser el más numeroso y el de cuatro plantas sobre rasante y una planta de sótano por ser el que más superficie construida consume y por ende el que mayor consumo de recursos, consumo de energía y emisiones de CO₂ va a producir.

En resumen los esquemas⁶ más usuales de organización de estos tipos son los siguientes:

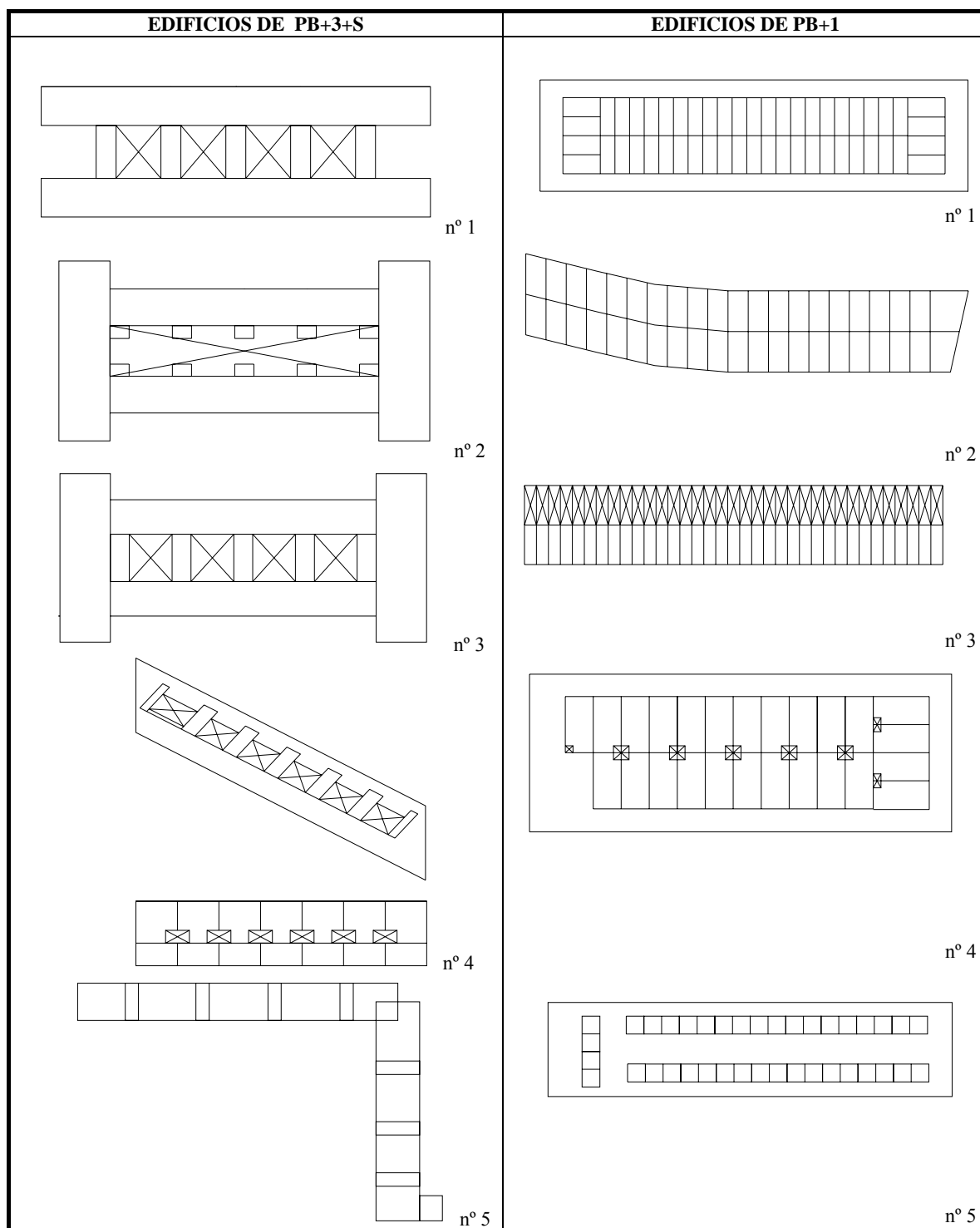


Figura 5.12. “Esquemas más usuales de ocupación en la parcela de los edificios de Sevilla constituidos por PB+1 y PB+3+S.

Fuente: Elaboración propia a partir de los proyectos de ejecución de los archivos municipales.

⁶ La totalidad de esquemas estudiados por proyecto y sus características constructivas se encuentran en el anexo I.

Del estudio realizado se obtiene la siguiente información:

- a) Edificios de dos plantas: Los esquemas de organización de las edificaciones constituidas por dos plantas sobre rasante y ninguna bajo rasante, constituyen el 60% de las viviendas totales que suponen los 271 proyectos estudiados, respondiendo a esquemas de viviendas unifamiliares adosadas.

Se obtiene además que el promotor privado es el que ha solicitado un mayor número de licencias para la construcción de este tipo de viviendas, caracterizándose las mismas por poseer una superficie construida que oscila entre 100-120 m² y un total entre 1.500-5.500 m² por promoción, lo que representa entre 14-50 viviendas respectivamente.

- b) Edificios de cuatro plantas y sótano: Los esquemas de organización de las edificaciones constituidas por cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante, poseen una disposición predominante sobre la parcela en bloque de manzana cerrada exenta, con patio interior de manzana.

El promotor público es el más interesado en la construcción de estas edificaciones, que cuentan con una superficie construida entre 11.000-12.000 m² y un total de 82-86 viviendas por edificio.

Las características constructivas⁷ de cada uno de los proyectos estudiados subdivididos en las dos tipologías constructivas estudiadas, pueden observarse a modo de resumen en la tabla siguiente:

⁷ Si comparamos los datos obtenidos en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla en el año 2003 con el obtenido de la información estadística publicada por el Ministerio de Fomento en el mismo año (ver tabla 5.6.), observamos que el tipo constructivo más numeroso coincide tanto a nivel Nacional como en nuestra comunidad autónoma.

Nº DE EDIFICIOS SEGÚN SU TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA EN PORCENTAJES				
TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA		PB+3+S	PB+1	
ESTRUCTURA VERTICAL	Hormigón Armado		100 %	74,3 %
	Metálica		-	9,5 %
	Muros de carga		-	4,05 %
	Mixta y Otros		-	12,15 %
ESTRUCTURA HORIZONTAL	Cimentación	Losa	81,25 %	48,65 %
		zapatas	12,50 %	44,60 %
		Zanja corrida	6,25 %	6,75 %
			100 %	100 %
	Forjado tipo	Unidireccional de hormigón	100 %	93 %
		Otros	-	7 %
CUBIERTA	Plana transitable ($\leq 5\%$)		100 %	91,6 %
	Inclinada		-	8,4 %
CERRAMIENTO EXTERIOR	Cerámicos		100 %	100 %
	Otros		-	-
CARPINTERÍA EXTERIOR	Aluminio		100 %	100 %
	Chapa de acero y Otros		-	-

Tabla 5.13. “Tipología constructiva de los edificios de nueva planta y uso residencial en la ciudad de Sevilla de los dos modelos estudiados”

Fuente: Elaboración propia a partir de los proyectos de ejecución de los archivos municipales.

Los resultados obtenidos en cuanto a las características constructivas para las viviendas adosadas de dos plantas y para el bloque de manzana cerrada de cuatro plantas sobre rasante y una de sótano; es el constituido mediante cimentación por losa armada, estructura vertical de hormigón armado, estructura horizontal unidireccional, cubierta plana, cerramiento exterior cerámico y carpintería exterior de aluminio.

Llegado a este punto, es necesario realizar una reflexión para ver qué tipología vamos a estudiar de entre las dos estudiadas hasta el momento. Para ello volvemos al estudio realizado durante los últimos cinco años mediante el programa informático “GIE”.

Este estudio nos dio como clave la evolución de la tipología constructiva en cuanto a número de plantas y calificación, así como la actualización de los datos obtenidos en el año 2003.

Se obtiene como conclusión que los proyectos en altura van incrementándose respecto a las viviendas unifamiliares y, dentro de ellos, evolucionan a un ritmo considerable la ejecución de Viviendas de Protección Oficial (VPO); tal es así que en los cuatro primeros meses del año 2.008,

en los que se cierra esta etapa, este tipo de viviendas representan el 80% de los proyectos que han solicitado licencia.

En un estudio realizado entre los años 2.003-2.008 en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla para conocer la tipología de estos proyectos destinados a viviendas de protección oficial y el tipo de promotor que las construye, obtenemos los siguientes datos:

TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL AÑOS 2003-2007					
Nº PLANTAS Y DESARROLLO		Nº P	TIPOLOGÍA	UBICACIÓN	PROMOTOR
2	PB+1+S	3	ADOSADAS	UA-TO2	R.F.P.V.S. ⁸
		1			OTROS
3	(PB+2+A Y PB+EP+1+A)+S	1	CASA PATIO	SAN LUIS	EMVISESA
	(PB+2 (S3) Y PB+3+A(S6))+S	1	EDIFICACIÓN ABIERTA	UA-TO-2 TORRELAGUNA	
	(PB+2+A Y PB+EP+1+A)+S	1		PERI C1 MENDIGORRÍA	
4	PB+3+S	12	MANZANA CERRADA	SUP-PM-6-PINO MONTANO	EMVISESA
	(PB+3 Y PB+4 Y PB+5 Y PB+6 Y PB+7) +S	1	EDIFICACIÓN ABIERTA	SUNP-AE-1 AEROPUERTO	OTROS
5	PB+4+S	1	MANZANA CERRADA	SUNP-AE-1 AEROPUERTO	EMVISESA
		3		SUP-GU-4 BERMEJALES SUR	
		3		SUP-TO-1 PALMETE	OTROS
		1			
6	PB+5+S	1	MANZANA CERRADA	UA-NO-3 CARTEROS	OTROS
		1		PERI-TO-5	
		1		C/MAIMÓNIDES	CONSEJERÍA OBRAS PÚBLICAS
		1		C/PRUNA	
	PB+5+A+S	1	MANZANA CERRADA	PERI-SU-7	OTROS
	PB+5+A+2S	1		SUP-TO-1 PALMETE	
	PB+5+A+3S	1		PERI-NO-6	
	(PB+5 Y PB+3)+S	3	EDIFICACIÓN ABIERTA	SUP-PM-4 SAN JERÓNIMO-ALAMILLO	EMVISESA
PB+5 Y PB+3 Y PB+1	1				

⁸ Real Fundación Patronato de la Vivienda de Sevilla.

TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL AÑOS 2003-2007						
Nº PLANTAS Y DESARROLLO	Nº P	TIPOLOGÍA	UBICACIÓN	PROMOTOR		
7	PB+6+S	MANZANA CERRADA	UA-AE-1 (ALCOSA 1)	OTROS		
	PB+6+2S				1	
	2 EDIFICIOS (PB+6)+2S MANCOMUNADOS	1	EDIFICACIÓN ABIERTA		ARI-DCA-02	
	PB+6+4S	1	MANZANA CERRADA	C/PUEBLA DEL RIO		
	(PB+6 Y PB+3)+S	1	EDIFICACIÓN ABIERTA	SUP-PM-6 PINO MONTANO	EMVISESA	
	(PB+6 Y PB+3)+2S	3				
	(PB+6 Y PB+4)+2S	1				
8	(PB+7 Y PB+2)+S	1	EDIFICACIÓN ABIERTA	SUP-PM-6 PINO MONTANO	EMVISESA	
	(PB+7 Y PB+3)+S	3		INDUYCO		
		1		UA-AE-1	OTROS	
	PB+7 Y PB+4	1		SUP-PM-6 PINO MONTANO	EMVISESA	
	(PB+7 Y PB+4)+S	3		SUNP-AE-1 AEROPUERTO		
	(PB+7 Y PB+4)+2S	1		SUP-PM-6 PINO MONTANO		
	(PB+7 Y PB+4)+4S	1		SUNP-AE-1 AEROPUERTO	OTROS	
9	PB+8+2S	1	MANZANA CERRADA	UA-NO-3 CARTEROS	OTROS	
		1		TORNEO		
		1		PERO-GU-201 URALITA-BELLAVISTA		
	PB+8+A+2S	1			EMVISESA	
	2					
	PB+8+A+3S	1		COCA-COLA		
	(PB+8 Y PB+3)+S	1		EDIFICACIÓN ABIERTA	SUP-TO-1 PALMETE	OTROS
	(PB+8 Y PB+6)+S	2			SUNP-AE-1 AEROPUERTO	EMVISESA
	(PB+8 Y PB+6)+2S	1				OTROS
	2 EDIFICIOS (PB+8 Y PB+6)+4S	1				
TOTAL EDIFICIOS	73					

Tabla 5.14. “Tipología de los edificios de nueva planta y uso residencial destinados a VPO que solicitaron licencia de obras entre los años 2003-2007 en Sevilla”

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla.

Donde:

PB= Planta baja; A= Ático y S= Sótano

Entre los organismos e instituciones que solicitaron licencia de obras para este tipo de edificaciones se encuentran además, la Consejería de Obras Públicas y Transportes, la Empresa Pública del Suelo de Andalucía, EPSA, la Empresa Municipal de la Vivienda de Sevilla, EMVISESA y el Real Fundación del Patronato de la Vivienda entre otros; siendo la más representativa EMVISESA, contando con un total de 42 proyectos de entre los 73 que solicitaron licencia de obras en la Gerencia de Urbanismo de Sevilla en el intervalo de años considerado, lo que supone un 57,53% respecto del resto de promotores.

Además de entre los citados proyectos se observa que la manzana cerrada es la más numerosa, con un 53,42% respecto del total de proyectos ejecutados.

Del mismo modo se observa que la edificación constituida por cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante, es a su vez la más numerosa con un 17,81% respecto del total, a partir de aquí conforme van incrementándose el número de plantas también observamos que la tipología es mixta, mezclándose diferentes alturas dentro de la misma edificación y variando el número de plantas bajo rasante.

Para una mejor visión de los resultados expresamos los datos anteriores a modo de gráfico quedando como sigue:

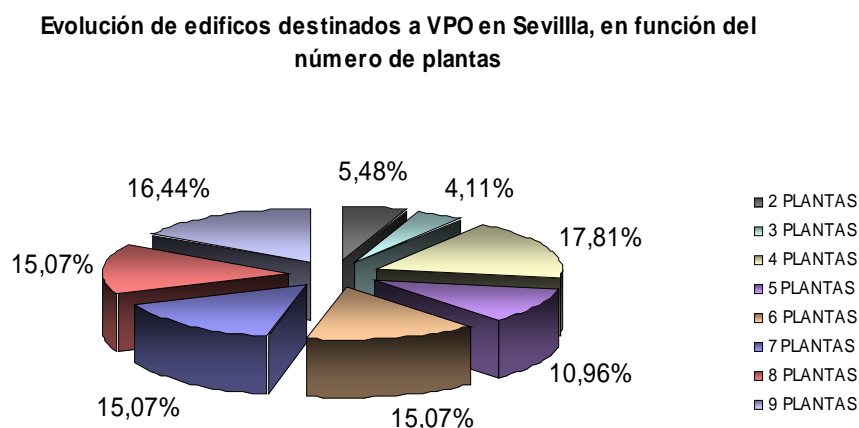


Figura 5.15. "Porcentaje del número de edificios destinados a VPO en Sevilla, en función del número de plantas sobre rasante correspondiente a los años 2003-2007".

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la tabla 5.14.

El gráfico anterior muestra en esquema el porcentaje de edificación en función del número de plantas sobre rasante.

En el mismo se observa que la edificación constituida por cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante es la más numerosa con un 17,81% respecto del total de edificios constituidos en el intervalo de años considerado 2003-2007.

No obstante, hay que aclarar que para simplificar la diversidad de los diferentes tipos, aquellas edificaciones constituidas por dos plantas diferentes dentro de la misma edificación se ha contabilizado como edificación constituida por el mayor número de plantas, lo que sucede en las tipologías de seis y siete plantas sobre rasante, como podemos observar en la tabla 5.13.

Esto significa que si se hubiesen considerado las tipologías puras, el porcentaje respecto del total de las edificaciones constituidas por cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante sería aún mayor que el obtenido.

Conclusiones etapa 1.2: El modelo constructivo definido en esta etapa es el siguiente:

- La edificación predominante en Sevilla en los años 2003-2007 es el bloque de VPO de promoción pública, ejecutado por EMVISESA, contando con un 57,53% respecto del resto de promotores.
- La tipología de estos edificios es la constituida por cuatro plantas sobre rasante y una de sótano, con una disposición sobre la parcela exentos, geometría de manzana cerrada con patio interior. Cuentan con una superficie construida en torno a los 11.000-12.000 m² y un total de 82-86 viviendas. Pese a no ser el más numeroso, es el modelo que más superficie construida consume y en consecuencia también será el más relevante para el estudio, al ser mayores por ende su consumo energético y emisiones de CO₂.
- Las características constructivas de esta tipología están constituidas por: losa de hormigón armado en cimentación, estructura vertical de pilares de hormigón con forjado unidireccional, cubierta plana, cerramiento de material cerámico de ladrillo y carpintería exterior de aluminio.

ETAPA 1.3. Elección de la muestra.

El desarrollo de esta etapa se debe al trabajo de campo realizado en el Departamento Técnico de EMVISESA⁹. El estudio se centra en analizar todas las zonas de Sevilla donde se han llevado a cabo promociones de VPO desde el año 2003 hasta el año 2007, todas ellas contenidas dentro del IV Plan Municipal de Suelo y que tienen lugar dentro de cuatro planeamientos de desarrollo denominados: SUP-PM-4 SAN JERÓNIMO ALAMILLO, SUNP-AE-1 AEROPUERTO, SUP-GU-4 BERMEJALES SUR y SUP-PM-6, PINO MONTANO.

Las características principales de cada uno de ellos son las siguientes:

a) SUP-PM-4, SAN JERÓNIMO ALAMILLO.

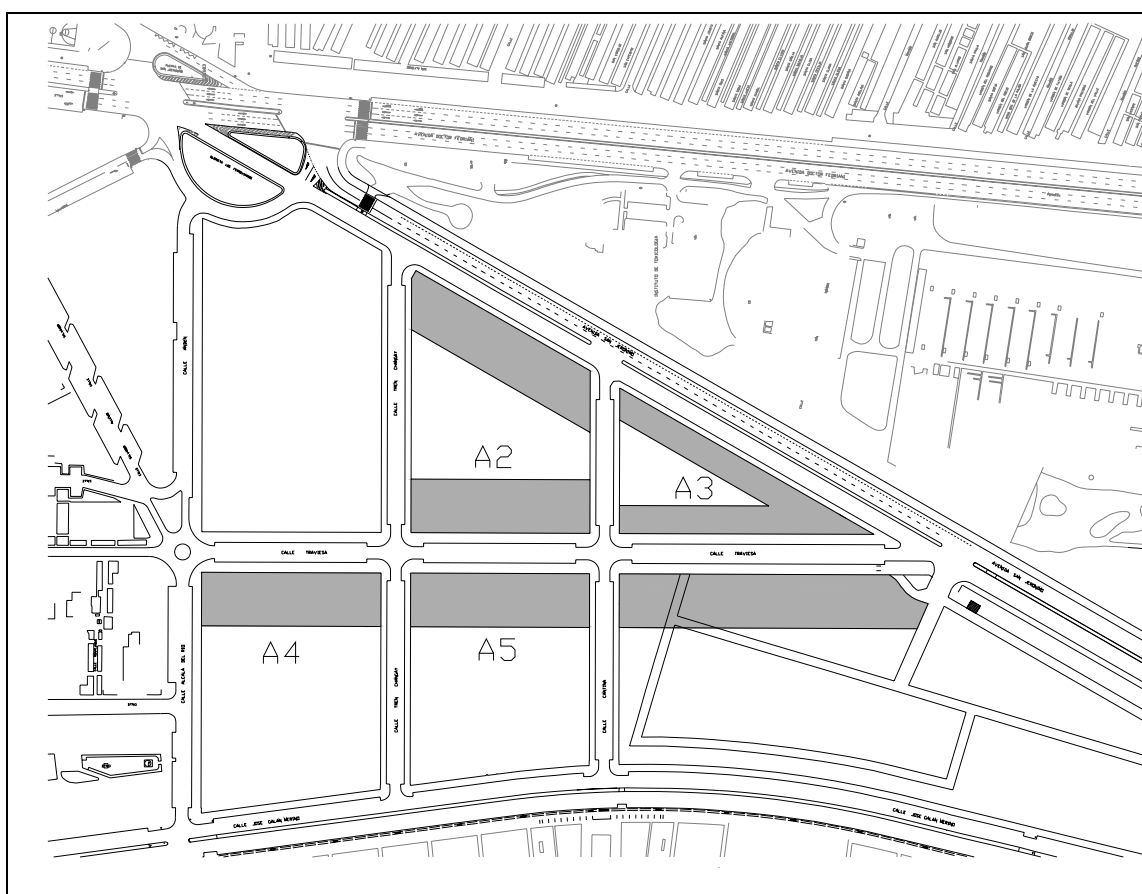


Figura 5.16. “SUP-PM-4 SAN JERÓNIMO ALAMILLO”
Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

⁹ El jefe del área técnica D.Manuel V.Burgos López y Ana Isabel Rodríguez Benítez, arquitecto del área técnica de EMVISESA nos facilitaron la información solicitada para continuar con nuestra tarea de investigación.

Cuenta con 5 proyectos de ejecución, de los cuales cuatro presentan una tipología de edificación abierta en “U”. Tres de los proyectos de ejecución están constituidos por seis y cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante destinadas a sótano -que ocupaba incluso el patio abierto comprendido entre la edificación-. El cuarto proyecto está constituido por seis, cuatro y una planta sobre rasante y ninguna planta bajo rasante.

b) SUNP-AE-1, POLIGONO AEROPUERTO.

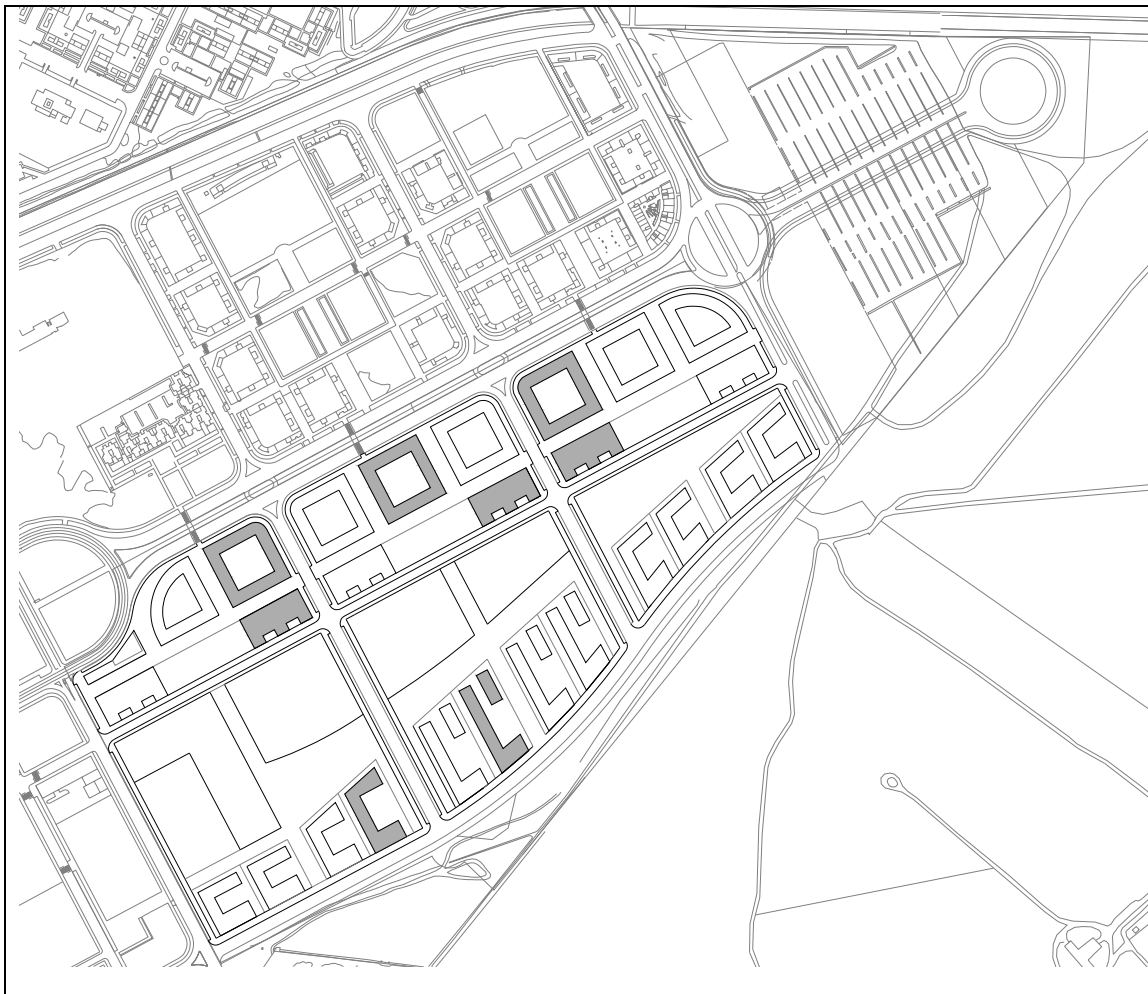


Figura 5.17. “SUNP-AE-1, POLIGONO AEROPUERTO”
Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

De las ocho parcelas promovidas por EMVISESA, denominadas MC 1.2, MC 2.2, MC 3.1, MA 1.2, MA 2.2, MA 3.1, A 1.4 Y A 2.2, todas cuentan con proyectos destinados a edificaciones abiertas, de geometría y dimensiones muy dispares como para obtener valores representativos.

Del total de los ocho proyectos estudiados, dos de ellos, denominados A 1.4 y A 2.2, están constituidos por nueve y siete plantas sobre rasante y una planta bajo rasante, tres proyectos, denominados MC 1.2, MC 2.2 y MC 3.1, están constituidos por ocho y cinco plantas sobre rasante y una planta bajo rasante y los tres últimos proyectos, denominados MA 1.2, MA 2.2 y MA 3.1, están constituidos por ocho y cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante.

c) SUP-GU-4, BERMEJALES SUR.

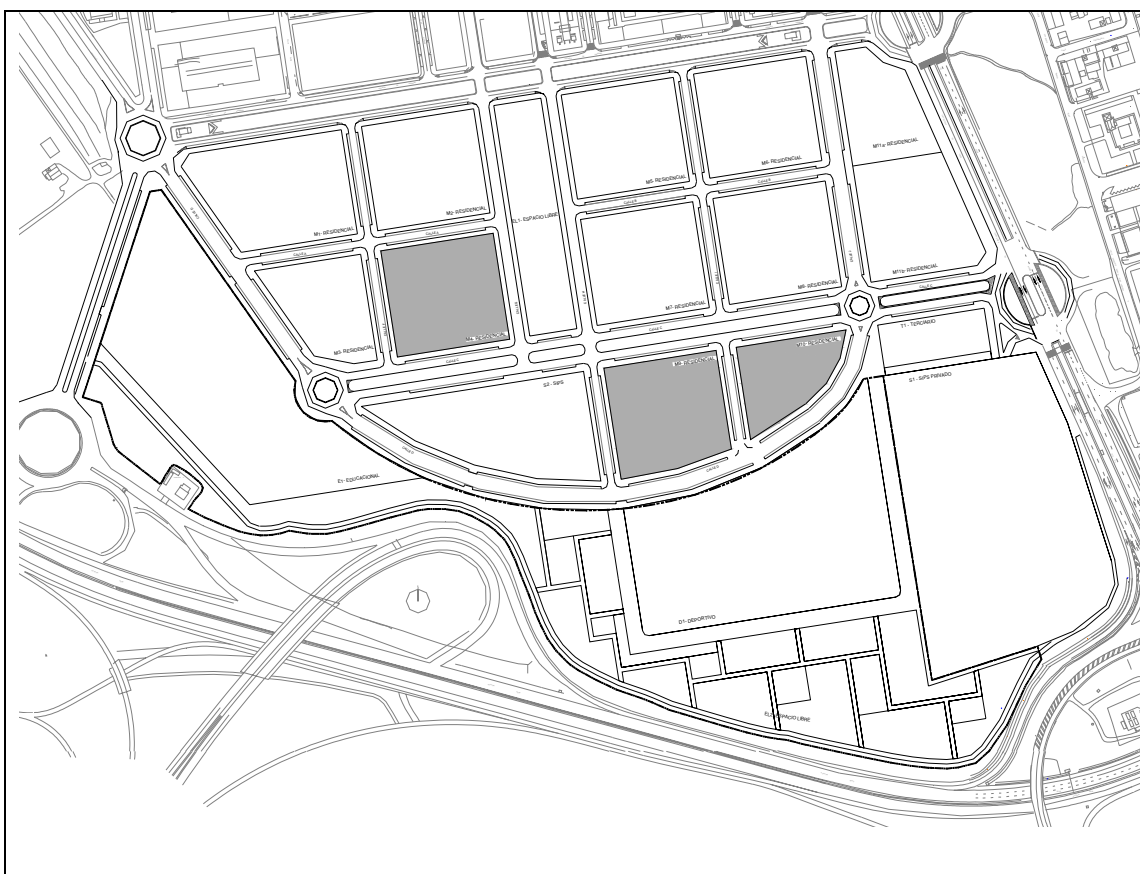


Figura 5.18. “SUP-GU-4 BERMEJALES SUR”

Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

Está constituido por edificaciones en manzana cerrada con patio interior de manzana y cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante destinada a sótano; pero EMVISESA tan solo ha ejecutado tres edificios, los denominados M-4, M-9 y M-10-, de geometría y dimensiones muy diferentes como podemos observar en la figura anterior correspondiente al planeamiento de desarrollo especificado.

d) SUP-PM-6, PINO MONTANO.

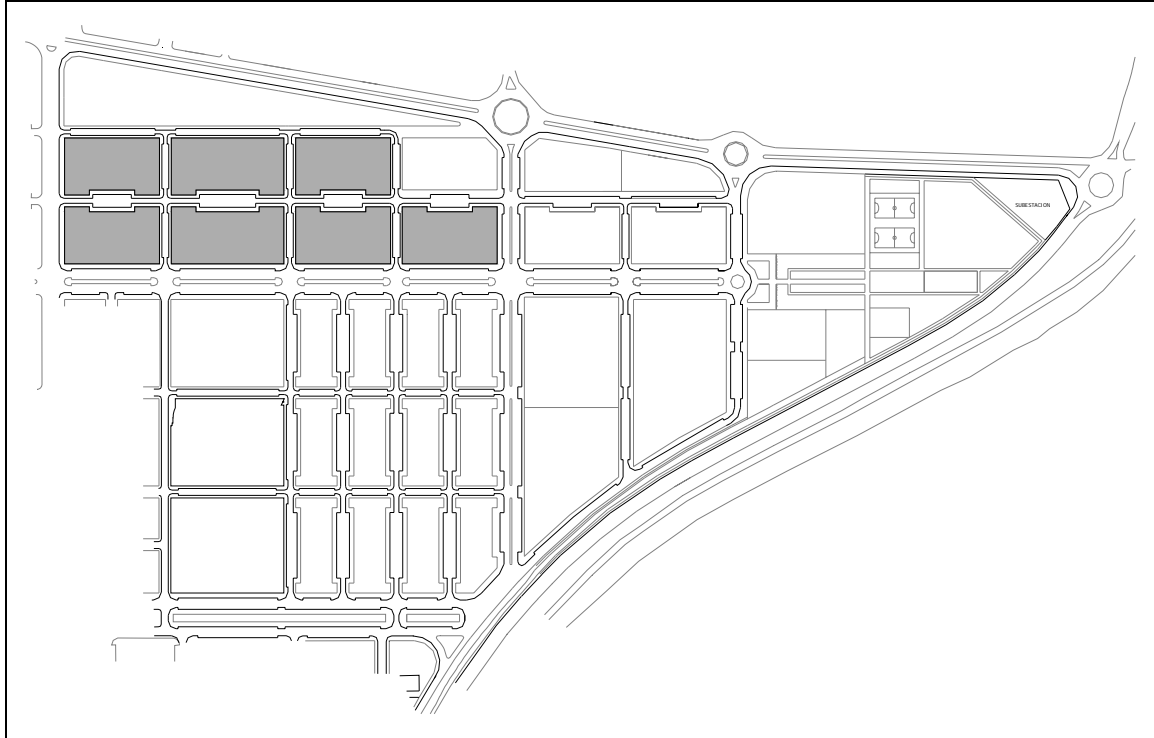


Figura 5.19. “Esquema de desarrollo del SUP-PM-6 PINO MONTANO”
Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

En este planeamiento de desarrollo se aprecian dos zonas diferenciadas con bloques de VPO ejecutados por EMVISESA.

La primera zona, aparece grafiada en la figura anterior, de las que EMVISESA cuenta con cuatro parcelas: Tres de ellas, las denominadas Q-1, Q-2 y Q-3, constituidas por edificaciones con siete y cuatro plantas sobre rasante y dos plantas de sótano y la cuarta, denominada P-6, constituida por una edificación de siete y cuatro plantas sobre rasante y una planta de sótano.

La segunda zona, grafiada en la figura expuesta a continuación, se observan doce manzanas de VPO con similares características geométricas. Una vez estudiados sus respectivos proyectos de ejecución, se comprueban que éstos tienen similares características constructivas, incluso de diseño.

Se designan con la siguiente nomenclatura: M- 107, M-108, M-118, M-119, M-105, M-106, M-116, M-117, M-101, M-102, M-114 Y M-115; que aparece representada en el plano de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

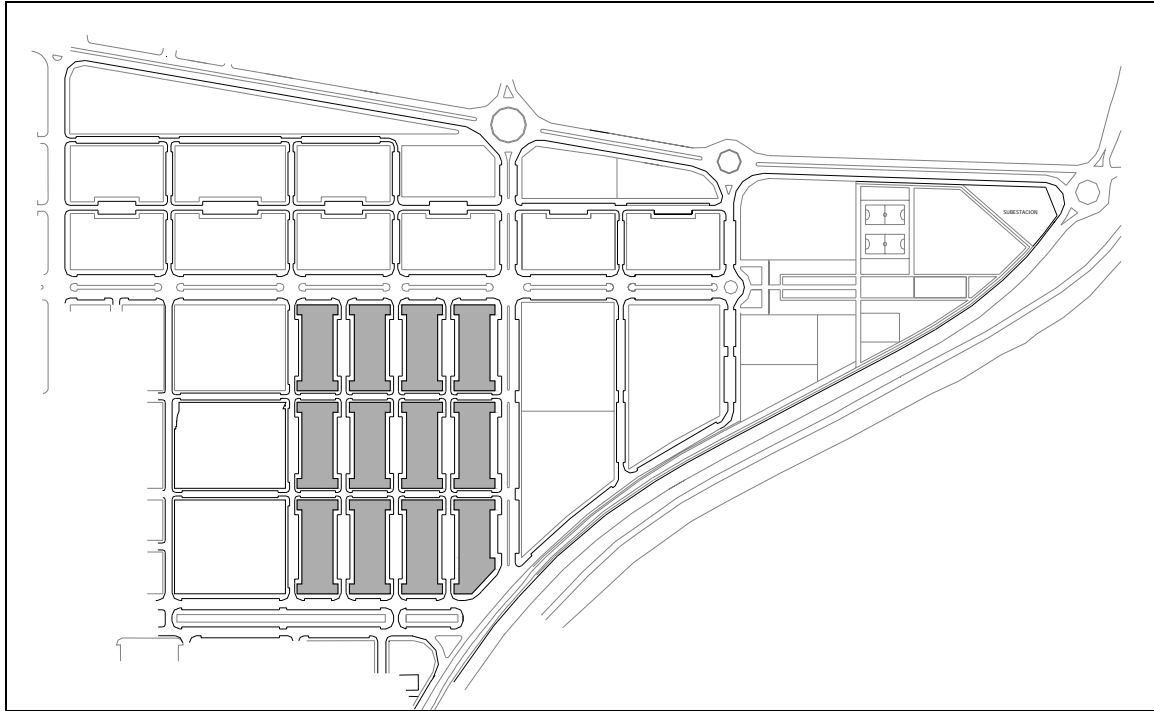


Figura 5.20. “Esquema de desarrollo del SUP-PM-6 PINO MONTANO”
Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

Del análisis de los planeamientos de desarrollo en los que participa como promotor EMVISESA se obtienen los siguientes resultados:

- El SUP-PM-4, SAN JERÓNIMO ALAMILLO, no será estudiado pormenorizadamente, al poseer un número insuficiente de proyectos y porque la edificación es abierta y difieren en altura dentro del mismo proyecto, lo que no hace su estudio representativo de las construcciones de VPO en Sevilla.
- El SUNP-AE-1, AEROPUERTO, se desestima porque la geometría y dimensiones de las edificaciones son muy dispares como para obtener valores representativos, además la tipología no coincide con la definida en la etapa 1.1.
- El SUP-GU-4, BERMEJALES SUR, cuenta con la tipología definida, correspondiente a edificaciones en manzana cerrada con patio interior y cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante destinada a sótano; pero la geometría y dimensiones de las mismas son muy diferentes; por lo que también se desestima para proseguir con su estudio.

- El SUP-PM-6, PINO MONTANO, cuenta con dos zonas:

La primera con edificaciones mixtas en cuanto a su altura, considerándose las mismas no representativas de la construcción sevillana.

La segunda zona, presenta un número considerable de edificios de la misma tipología, un total de doce, e incluso de dimensiones similares y características constructivas de la edificación, con lo que los resultados podrán considerarse representativos del modelo constructivo definido en la etapa 1.1.

Se centra el análisis en los proyectos de ejecución citados, contactando en primer lugar con los autores de los mismos para solicitar su autorización para el estudio, así como la información correspondiente a las mediciones de tales proyectos de ejecución. En este momento es imposible contar con la información correspondiente a la manzana denominada M-101, por fallecimiento del arquitecto técnico que realizó las mediciones del citado proyecto; por lo que se desecha su estudio. Asimismo se elimina del estudio el proyecto ubicado en esquina, al poseer dimensiones y geometría diferentes al resto.

Por lo tanto, el estudio tiene lugar en diez proyectos de ejecución, ubicados en las manzanas seleccionadas del SUP-PM-6 de PINO MONTANO, renombradas de la manera en que sigue:

M-102 = P1
 M-105 = P2
 M-106 = P3
 M-107 = P4
 M-108 = P5
 M-114 = P6
 M-116 = P7
 M-117 = P8
 M-118 = P9
 M-119 = P10

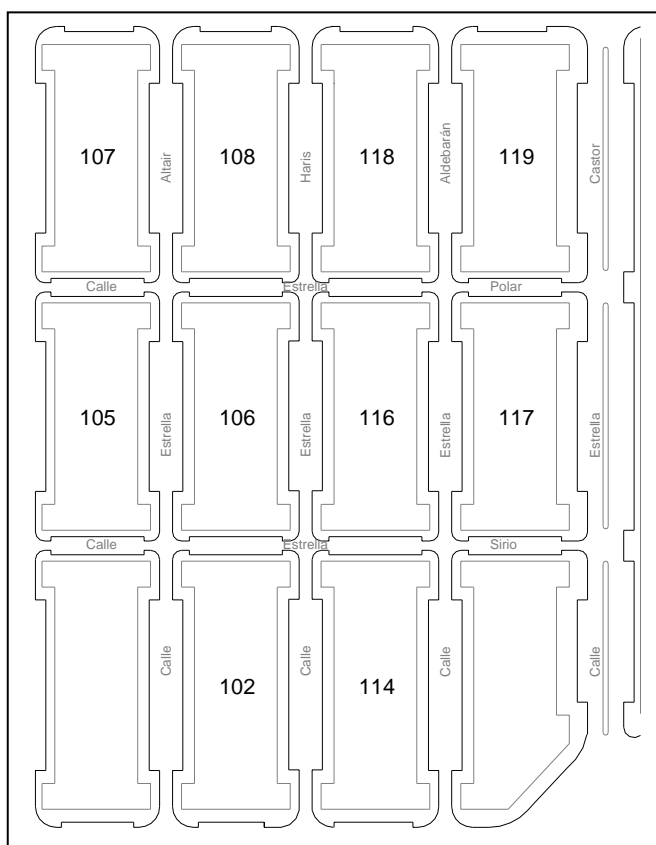


Figura 5.21. “Manzanas estudiadas del SUP-PM-6 PINO MONTANO”
 Fuente: Elaboración propia a partir de la planimetría facilitada por EMVISESA.

Los autores de cada uno de los proyectos son los enumerados a continuación:

Proyecto 1 (en adelante P1):

Ubicación: Manzana 102 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Juan Gallardo Ramírez y otro.

Superficie construida total: 11.718,80 m².

Proyecto 2 (en adelante P2):

Ubicación: Manzana 105 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Pedro Luis González y Rafael Frutos Lozano.

Superficie construida total: 11.765,35 m².

Proyecto 3 (en adelante P3):

Ubicación: Manzana 106 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Tomás Rosa Castejón y Lourdes García Zarza.

Superficie construida total: 11.994,98 m².

Proyecto 4 (en adelante P4):

Ubicación: Manzana 107 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Enrique Taviel de Andrade y Mas y Antonio González de Herrera Castillo.

Superficie construida total: 11.510,95 m².

Proyecto 5 (en adelante P5):

Ubicación: Manzana 108 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Antonio Sanchez-Arjona Santiago y Carlos Falgueras Montañés.

Superficie construida total: 12.161,70 m².

Proyecto 6 (en adelante P6):

Ubicación: Manzana 114 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada

Arquitectos: Carlos de Miguel Rodríguez.

Superficie construida total: 12.266,89 m².

Proyecto 7 (en adelante P7):

Ubicación: Manzana 116 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Terminada y entregada.

Arquitectos: Pedro Luis González.

Superficie construida total: 11.765,35 m².

Proyecto 8 (en adelante P8):

Ubicación: Manzana 117 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Pendiente de entrega.

Arquitectos: Tomás Rosa Castejón.

Superficie construida total: 12.060,28 m².

Proyecto 9 (en adelante P9):

Ubicación: Manzana 118 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Pendiente de entrega.

Arquitectos: Antonio Sánchez-Arjona Santiago.

Superficie construida total: 12.206,55 m².

Proyecto 10 (en adelante P10):

Ubicación: Manzana 119 del PERI-SUP-PM-6, Pino Montano, Sevilla.

Fase en que se encuentran: Pendiente de entrega.

Arquitectos: Enrique Taviel de Andrade y Mas.

Superficie construida total: 11.552,16 m².

A título orientativo, las características arquitectónicas y de diseño principales de los proyectos seleccionados, pueden verse en el anexo II¹⁰, concretamente se han seleccionado los proyectos denominados P3, P4 y P5 que representan las diferentes formas geométricas usuales desarrolladas en el plan parcial estudiado.

Tras el estudio de los proyectos citados y la visita a obra durante la ejecución de los mismos, es preciso reflexionar sobre las diferencias habituales observadas entre los proyectos y su ejecución en obra, nos encontramos que:

- Al estudiar el consumo de recursos desde las mediciones del proyecto de ejecución, no estamos teniendo en cuenta el agua consumida en el proceso de ejecución, por ejemplo la utilizada para el riego de hormigones durante el proceso de fraguado. Este dato tan solo fue suministrado para un proyecto.

¹⁰ Montaje realizado a partir de la información planimétrica facilitada por los autores de los respectivos proyectos y donde podemos observar el plano de situación, plantas, alzados y secciones de los proyectos denominados P3, P4 Y P5 del SUP-PM-6 PINO MONTANO, en Sevilla.

- No se incluyen las variaciones sufridas durante la ejecución en obra, con respecto al proyecto, debido a imprevistos accidentales, tales como roturas de redes generales de abastecimiento de agua o saneamiento, a inclemencias del tiempo, a fallos técnicos humanos, etc.
- Los hormigones que se utilizan en obra proceden en su mayoría de central, con lo que así será contabilizados y no considerando sus descompuestos en materiales básicos.
- Los morteros se ejecutan en la obra, por lo que en este caso sí se tendrá en cuenta sus descompuestos como recursos consumidos y no el mortero como elemento auxiliar.
- En las mediciones de los proyectos de ejecución, ejecutadas en base al BCCA, no aparece reflejada la maquinaria empleada en obra, debida a que se incluye en los costes indirectos de ejecución. Tampoco se tiene en cuenta la maquinaria empleada para el transporte de la materia prima a la fábrica, ni la correspondiente al lugar de suministro del material de construcción a la obra, ni el consumo necesario para la obtención de la materia prima ni el necesario para la elaboración de la materia prima en producto de construcción.

Por tanto, nos proponemos llevar a cabo la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂, derivadas del consumo de los materiales de construcción empleados en el modelo de construcción definido.

A título ilustrativo, podemos observar fotografías realizadas durante el proceso de ejecución de los diferentes subsistemas constructivos de la obra denominada P4 en el anexo III, a la que asistimos durante su ejecución, determinante para extraer las reflexiones anteriores.

Conclusiones etapa 1.3:

En esta etapa se ha llevado a cabo la elección de la muestra necesaria para proseguir con el desarrollo de la investigación. Se han seleccionado diez proyectos de ejecución que serán estudiados de forma pormenorizada, destinados a viviendas de protección oficial, promovidos por EMVISESA, constituidos por cuatro plantas sobre rasante y una planta bajo rasante destinada a sótano, cuya tipología es manzana cerrada con patio interior de manzana. Aceptando como válidas las mediciones del proyecto de ejecución para continuar con el estudio del modelo partiendo del análisis de las mismas.

Con el desarrollo de las tres subetapas anteriores en las que se subdivide la etapa 1 de la metodología, se ha logrado el objetivo expuesto en el nivel 1, la selección de edificios necesaria para proseguir con la etapa 2.

ETAPA 2. En esta etapa se cuantifican en kg por m² construido los recursos materiales¹ consumidos en el modelo de construcción definido en la etapa anterior, partiendo del conocimiento de los elementos básicos² que constituyen los elementos constructivos³ en los que se integran.

El documento del proyecto que proporciona la mejor información para cuantificar los recursos materiales que configuran un edificio, es la medición⁴ de las partidas en que se divide el presupuesto de la obra. Este documento, que pertenece al proyecto de ejecución⁵, recoge un listado de los diferentes materiales básicos cuantificados en las unidades de medida que mejor se ajustan a su forma y al uso al que se destinan en la obra⁶.

Por lo tanto, de la información suministrada por las mediciones correspondientes a los proyectos de ejecución de los diez edificios seleccionados, se extraen los datos necesarios para cuantificar de una forma significativa, la cantidad en kg de los diferentes materiales básicos, mediante la aplicación de herramientas informáticas que “traduzcan” la información que sobre los materiales presentan las mediciones.

¹ Entendidos como recursos situados en la obra y en condiciones de ser empleados en el proceso de producción del producto denominado obra de construcción.

² Definido como: “Elemento constructivo que se refiere a cada uno de los recursos: mano de obra, materiales y maquinaria, que intervienen en la formación de un elemento auxiliar o en una unidad de obra.” RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “Presupuestación de Obras”. Ed.Universidad de Sevilla. (2004). pág. 392

³ Elemento constructivo se define como: “Concepto que se refiere a la parte física que se integra en una obra de construcción y al procedimiento usado para conseguirla”. RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “Presupuestación de Obras”. Ed.Universidad de Sevilla. (2004). pág. 392

⁴ El concepto de medición, es definido como: “Proceso a través del cual se elabora el documento denominado “Estado de dimensiones” en el que se deja constancia expresa de las partidas, de las dimensiones y de la cantidad en que intervienen en un proyecto las distintas unidades de obra en que se divide el presupuesto.” RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “Presupuestación de Obras”. Ed.Universidad de Sevilla. (2004). pág. 21

⁵ Se define proyecto de ejecución como: “Fase del trabajo en la que se desarrolla el proyecto básico, con la determinación completa de detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos, definiendo la obra en su totalidad. Su contenido será el necesario para la realización de las obras contando con el preceptivo visado colegial y la licencia correspondiente.” CTE- PARTE I, ANEJO III. TERMINOLOGÍA. Ed. COAS, (2006). Pág. 28.

⁶ Por ejemplo, un cable conductor de electricidad, se expresa en unidades que se refieren más concretamente a la conformación que el material presenta en obra, metros, si se trata de elementos lineales, en metros cuadrados, para elementos superficiales, en metros cúbicos para volumétricos, etc.

Esto requiere un trabajo de desagregación de las cantidades correspondientes a los diferentes materiales básicos que constituyen cada una de las partidas de obra de las mediciones. Información que obtenemos de los PUD de las partidas especificadas en la medición, extraídas de la Base de Costes de la Construcción de Andalucía, en adelante BCCA⁷.

Una vez obtenida la relación de los materiales básicos, podemos transformar cada partida de obra en kg de sus componentes.

En definitiva, en esta etapa 2 se pretende establecer un modelo⁸ de cuantificación que aporte los siguientes elementos conceptuales:

- Dotar al conjunto de obras de construcción⁹ utilizado como referencia de una estructura para la organización de los datos, común a todas ellas, que permita identificar con claridad los recursos materiales consumidos. La modelización que se propone para ello surge como resultado de un proceso de adaptación de los modelos tradicionales de presupuestación.
- Utilización intensiva de la Transferencia de Medición, como herramienta destinada a facilitar el desarrollo específico de la cuantificación de los recursos materiales consumidos, extendiendo su campo de acción hacia el listado de elementos básicos¹⁰ materiales, necesarios para la ejecución de la tipología representativa de la construcción en Sevilla.

⁷ Publicado por la Junta de Andalucía en <http://www.juntadeandalucia.es>. Los objetivos del BCCA figuran en su artículo 5 de su Escritura Fundacional.

⁸ El modelo usado toma como referencia el establecido en el trabajo de investigación dirigido por el Doctor D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales y Aparejador, director de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla; plasmado en la publicación “Retirada selectiva de residuos: Modelo de Presupuestación”, con las lógicas simplificaciones y modificaciones necesarias para adaptar dicho modelo de cuantificación y presupuestación de residuos, al de recursos consumidos en el proceso constructivo de la tipología objeto de estudio.

Este mismo modelo es anteriormente apuntado en la tesis doctoral del profesor RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “La Teoría de Sistemas al Servicio del Análisis de presupuestos de obras”. Ed. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla, Sevilla (1989). Véase pág. 21.

⁹ Se define obra como: “Elemento constructivo formado por un conjunto de elementos funcionales, complejos, unitarios, auxiliares o básicos que configuran la totalidad de los elementos que constituyen una edificación.” RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “Presupuestación de Obras”. Ed. Universidad de Sevilla. (2004). Véase pág. 63

¹⁰ Material, producto o elemento descargado y acopiado en obra. Quedan determinados y definidos por sus cualidades y características técnicas, completadas con las especificaciones que figuren en los epígrafes de los precios unitarios correspondientes al BCCA.

- División de los datos obtenidos en la medición cada proyecto de ejecución por su correspondiente superficie construida, para corregir el efecto negativo del tamaño de la obra y poder establecer comparativos entre los mismos.
- Normalización de los datos mediante la aplicación de métodos indirectos de medición, utilizando como apoyo Coeficientes de Transformación, en adelante “Ct”, cuya finalidad será: transformar los valores de la medición origen en valores representados en la unidad de medida común elegida (kg/m^2).

La aplicación del modelo de cuantificación se realiza utilizando como soporte instrumental una estructura de referencia, apoyada en un proceso organizado en las siguientes subetapas:

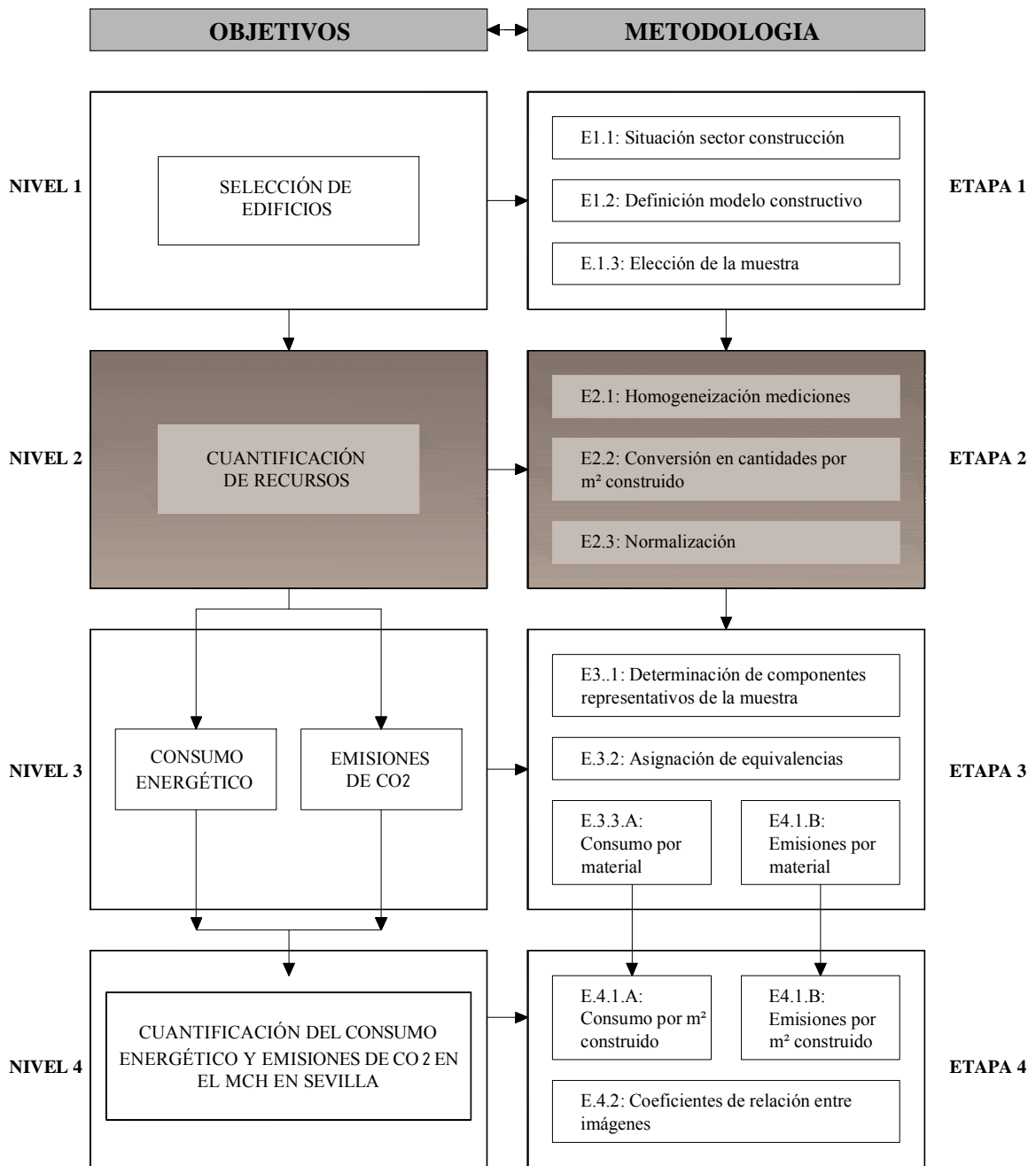


Figura 5.22. “Esquema metodológico etapa 2”

ETAPA 2.1. Homogeneización de las mediciones.

En esta subetapa se recopilan los datos de las mediciones de los respectivos proyectos de ejecución de la muestra seleccionada. Tras su estudio pormenorizado se observan los siguientes inconvenientes:

En los proyectos denominados P1 y P6, no aparecen los precios unitarios simples descompuestos¹¹, en adelante PUSD, por lo que no se puede observar los materiales constitutivos de las partidas¹².

- En los proyectos denominados P2, P3, P7 y P8, no aparecen los iconos correspondientes a los descompuestos de la medición y que designan: mano de obra, materiales y maquinaria. Asimismo se observa que algunas de las partidas no poseen descompuestos.
- En los proyectos denominados P3, P4 y P5, el capítulo de estructuras aparece como una única partida que engloba en su epígrafe los elementos constructivos correspondientes a la misma (forjados, pilares, losas, etc), siendo necesaria su descomposición en unidades más pequeñas como las partidas.

A la vista de lo anterior, queda patente la necesidad de adecuar los datos iniciales a una estructura común que facilite su análisis comparado, empleándose para ello un procedimiento que consiste en homogeneizar los datos de partida, utilizando el campo de transferencia de la medición, para la obtención del listado de elementos básicos materiales y atendiendo al sistema de clasificación¹³ y codificación propuesto por el BCCA. Las operaciones efectuadas son las siguientes:

- a. Adaptación de partidas de la medición carentes de descompuestos.
- b. Adaptación de componentes básicos materiales en los proyectos referenciados, sustituyéndolos por otros considerados homólogos en el BCCA.

¹¹ El BCCA define el precio unitario simple descompuesto como: “Precio de una unidad de obra simple, entendiéndose como tal un elemento constructivo, resultante de fraccionar la obra en partes, formado por una combinación de elementos básicos o auxiliares, realizados generalmente, por un mismo grupo de especialistas. Es el precio, de la unidad de obra, en el sentido tradicional, en la que se detallan los distintos componentes de los costes directos de la misma y el porcentaje de costes indirectos.” Varios autores, (2000).

¹² Se define como partida: “Cantidad delimitada de una misma unidad de obra.” RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “Presupuestación de Obras”. Ed.Universidad de Sevilla. (2004). pág. 63

¹³ Base de Costes de la Construcción en Andalucía (BCCA) 2008. Banco de Precios. <http://juntadeandalucia.es>

- c. Codificación de componentes básicos materiales que por sus características peculiares no pueden ser sustituidos por otros considerados homólogos.

La herramienta informática empleada es el programa de cálculo de mediciones y presupuestos “Presto¹⁴ en su versión V.8.8” y la aplicación al proceso de medición del banco de precios BCCA.

Los motivos fundamentales de la aplicación del BCCA son los siguientes:

- a. Es el propuesto por la Junta de Andalucía para los proyectos de obras de promoción pública; tal es el caso de los proyectos que nos ocupan, promovidos por EMVISESA.
- b. Los edificios estudiados pertenecen a la Comunidad Autónoma de Andalucía, donde se define la tipología representativa objeto de estudio.
- c. Realiza la descomposición y el cálculo de los precios unitarios¹⁵ correspondientes a los epígrafes “estándar” que desarrolla.
- d. Es aceptado por gran parte de las instituciones que participan en la actividad del sector de la construcción en la Comunidad Autónoma de Andalucía y su acceso es público y gratuito¹⁶.
- e. En su estructura considera las pérdidas generadas por el manejo y transporte de materiales, por lo que el consumo se acerca aún más a la realidad de la puesta en obra de la tipología representativa de la construcción habitual en Sevilla.
- f. Se ajusta en lo fundamental a los modelos tradicionales de presupuestación y en consecuencia a la estructura de cuantificación de los materiales objeto de estudio, por lo que la adaptación al modelo de cuantificación no será muy compleja.

¹⁴ Elegido porque sus aplicaciones hacen que sea uno de los programas de cálculo de mediciones y presupuestos más utilizado por el sector de la construcción, dado que su manejo es de utilidad para las gestiones a realizar por el proyectista (arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero...), el promotor y la empresa constructora (contratista, subcontratista...); con lo que llevar a la práctica nuestra teoría final no les resultará difícil.

¹⁵ Los precios unitarios definidos en el BCCA se obtienen sumando los costes directos e indirectos de ejecución. Es decir, como sumatorio de los importes que resulten de multiplicar las cantidades de materiales que son necesarios para la ejecución de la unidad de obra, queden o no integrados a esta una vez terminada, y los rendimientos horarios de mano de obra y maquinaria precisos para su realización, por sus respectivos precios básicos o auxiliares “PA”, incrementando dicho sumatorio con el porcentaje relativo a costes indirectos.

¹⁶ Publicado por la Junta de Andalucía en http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/www/jsp/estatica.jsp?pma=0&pmsa=0&e=planificacion/publicaciones/banco_precios_construccion/bcca08/bcca08.html

La estructura del sistema de clasificación se desarrolla de forma arborescente en sucesivos niveles: capítulos, subcapítulos, apartados y grupos, hasta alcanzar las unidades de obra, como elemento del nivel inferior en la estructura, donde se resolverá la cuantificación del consumo de recursos.

A partir de los datos de las partidas procedentes de la medición y de los componentes de los PUD, se determina la cantidad de cada elemento básico en cada proyecto.

La figura 5.23 contiene un listado de recursos materiales consumidos por cada uno de los proyectos de ejecución estudiados, en unidades de medida utilizadas en los precios descompuestos del BCCA.

Código	Nc	Ud	Resumen	CanTotPres	cCanTotPres/12161.70
1	UJ00100	t	ABONOS	0,01	0,000009867042
2	C1519A	u	ABRAZADERAS DIAM. 500	4,00	0,0003289013871
3	C1518A	u	ABRAZADERAS DIAM.500 MM	4,00	0,0003289013871
4	CA00220	kg	ACERO B 400 S	310 908,25	25,564538510241
5	CA00320	kg	ACERO B 500 S	19 571,58	1,6092796237368
6	CA00520	kg	ACERO ELECTROSOLDADO B 500 S EN MALLA	8 753,40	0,7197514985569
7	KA00100	kg	ACERO EN CUADRADILLOS, MANUFACTURADO	9 505,15	0,7815643372226
8	KA00500	kg	ACERO EN PERFILES TUBULARES, MANUFACTURADO	47,98	0,003945237919
9	KA00200	kg	ACERO EN PLETINAS, MANUFACTURADO	4 355,21	0,3581083236719
10	KA00300	kg	ACERO GALVANIZADO EN PERFILES, MANUFACTURADO	546,00	0,0448950393448
11	CA01600	kg	ACERO PERFILES SOPORTES SIMPLES	35,00	0,0028778871375
12	IF31650	u	ACOMETIDA AGUAS UN BLOQUE S/NORMAS	11,00	0,0009044788146
13	SW01100	u	ACOMETIDA ALCANTAR. S/NORMAS	11,00	0,0009044788146
14	IE13450	u	ACOMETIDA ELECTRICA UN BLOQUE S/NORMA	10,00	0,0008222534679
15	C1523A	u	ACOMETIDA/CONEXION	2,00	0,0001644506936
16	KW01000	u	AGARRADORES DE LATON 1ª CALIDAD	418,51	0,0344123354465
17	GW00100	m3	AGUA POTABLE	599,89	0,0493262170774
18	C0619ZB2	m3	AGUA POTABLE	0,38	0,0000314778362
19	CA01700	kg	ALAMBRE DE ATAR	1 477,83	0,1215149197892
20	AP00200	m3	ALBERO EN RAMA	1 131,00	0,0929968672143
21	RW00200	m	ALFEIZAR P.CALIZA CREMA SEVILLA	498,99	0,0410295929023
22	IV01020	u	ALIMENTADOR/AMPLIFICADOR 12 TOMAS	17,00	0,0013978308954
23	UJ00300	u	ARBOL SOMBRA HOJA PERENNE 2.50 M.	6,00	0,0004933520807
24	C0708C	m3	ARENA FINA	29,38	0,0024158020671
25	AA00200	m3	ARENA FINA	137,11	0,0112736870668
26	C0619ZB4	m3	ARENA GRUESA	1,61	0,0001322069119
27	AA00300	m3	ARENA GRUESA	2 461,60	0,2024057561032
28	AS00120	kg	ARIDO SELECCIONADO MONOCAPA	42 663,30	3,5080046375096
29	IF00200	u	ARMARIO METALICO CONTADOR 0.60X0.50	30,00	0,0024667604036
30	IF00300	u	ARMARIO METALICO CONTADOR 0.90X0.50	86,00	0,0070713798235
31	IF00600	u	ASIENTO Y TAPA PVC.	16 000,00	1,3156055485664
32	IC03400	u	ASPIRADOR ESTATICO DE HORMIGON	48,00	0,0039468166457
33	C1701A	u	AZULEJO COLOR LISO 20X20	299 739,41	24,646176644712
34	U31AK405	Ud	Aplique dec.d.halógeno 100 W.	152,00	0,0124982527114
35	P01AA020	m3	Arena de río 0/5 mm.	2,58	0,0002121413947
36	P19AP070	ud	Arm.polié. 750x1.000x300 mm	12,00	0,0009867041614
37	IP00500	u	B.I.E.,MANGUERA 25M 25MM.SEMIRRIGIDA,COMPLETA	4,00	0,0003289013871
38	C1520A	u	BAJANTE DIAM.500 MM	4,00	0,0003289013871

Figura 5.23. “Listados de la cantidad de recursos materiales consumidos en cada proyecto, procedente de la herramienta informática utilizada y la aplicación al proceso del BCCA.”

Estos listados son agrupados en la Matriz de Cantidades (Q) de Componentes Básicos Materiales del MCH, configurando lo que denominamos Imagen Original (IO) del MCH. El resultado es una matriz de la forma:

$$Q=[Q_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra "s", ordenado por orden alfabético.

La matriz desglosada, recogida en el anexo IV, queda:

CODIGO	CBMs	P₁	P₂	.....	P_p	.....	P₁₀
AANNNNN_a	CBM_a	$Q_{1,a}$	$Q_{2,a}$		$Q_{p,a}$		$Q_{10,a}$
.....	
AANNNNN_s	CBM_s	$Q_{1,s}$	$Q_{2,s}$		$Q_{p,s}$		$Q_{10,s}$
.....	
AANNNNN_z	CBM_z	$Q_{1,z}$	$Q_{2,z}$		$Q_{p,z}$		$Q_{10,z}$

Figura 5.24. "Matriz de cantidades"

Donde:

$\boxed{A} \boxed{A} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N}$ _s = Es el código del BCCA correspondiente al Componente Básico Material (CBM) de la muestra al que acompaña, en consecuencia, está constituido por siete caracteres, los dos primeros alfabéticos y los cinco restantes numéricos.

ETAPA 2.2. Conversión en cantidades por m² construido.

En esta subetapa obtenemos las cantidades de recursos materiales consumidos, en unidades de medida origen, por m² de edificación para cada uno de los edificios seleccionados, dividiendo la cantidad de cada elemento básico definido para cada proyecto por la superficie construida del mismo. De esta forma se pueden establecer comparativos entre los diferentes proyectos de la muestra. El listado resultante se encuentra recogido en la Matriz de Cantidades por m² de superficie construida (QS), presenta la forma siguiente:

$$QS=[Q_{p,s}/S_p]$$

Donde:

Q = Cantidades en unidades de medida origen correspondientes a cada Componente Básico Material de la muestra (CBM).

p = 1,.....,10. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P₁, el primer proyecto de ejecución, P₂, el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P₁₀, el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

s = a,....., z. Es el Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra “s”, ordenado por orden alfabético.

S = Es la superficie construida correspondiente a cada uno de los diez proyectos de ejecución de la muestra de estudio.

Lo que de forma desglosada queda:

CODIGO	CBMs	P_1/S_1	P_2/S_2	.....	P_p/S_p	.....	P_{10}/S_{10}
		S_1	S_2		S_p		S_{10}
AANNNNN _a	CBM _a	$Q_{1,a}/S_1$	$Q_{2,a}/S_2$		$Q_{p,a}/S_p$		$Q_{10,a}/S_{10}$
.....	
AANNNNN _s	CBM _s	$Q_{1,s}/S_1$	$Q_{2,s}/S_2$		$Q_{p,s}/S_p$		$Q_{10,s}/S_{10}$
.....	
AANNNNN _z	CBM _z	$Q_{1,z}/S_1$	$Q_{2,z}/S_2$		$Q_{p,z}/S_p$		$Q_{10,z}/S_{10}$

Figura 5.25. "Matriz de cantidades por m² de superficie construida"

La matriz se completa con la información contenida en la segunda fila, donde se especifica la superficie construida correspondiente a cada uno de los proyectos de la muestra.

$S_p = (p = 1, \dots, 10)$ y recoge todos los valores correspondientes a los m² de superficie construida correspondientes a cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados, referenciados en cada columna de la matriz.

Los resultados expresados de forma pormenorizada se encuentran en el anexo V.

ETAPA 2.3. Normalización.

Para conseguir el objetivo expuesto en esta etapa 2, es necesario expresar los resultados obtenidos en la subetapa anterior en una misma unidad de medida. La normalización de las unidades resultantes consiste en transformar la unidad origen, unidad de medida del elemento, a la unidad de destino, el peso en kg del elemento.

Para ello, es necesario transformar el criterio de medición de la partida origen¹⁷ en el criterio de medición de la partida de destino. Esta transformación se lleva a cabo mediante la aplicación, a cada componente básico material de la muestra, de lo que denominamos Coeficiente de transformación¹⁸, en adelante **Ct**.

Este coeficiente representa el peso por la unidad de referencia del elemento, y permite transformar a la misma unidad de medida la cuantificación resultante en la medición origen procedente de la subetapa 2.1. Se emplea cuando la unidad de medida del concepto es distinta al kg.

El proceso llevado a cabo para determinar el peso de cada elemento ha sido el siguiente:

- Caracterización de elementos básicos materiales de la muestra según proyecto. Para ello ha sido necesario el estudio pormenorizado de cada proyecto de ejecución, planos, memoria constructiva y epígrafes de medición en cada edificio seleccionado. A fin de determinar las características y dimensiones concretas de cada material empleado.
- Caracterización de elementos básicos materiales de la muestra in-situ. En aquellos elementos cuyas características en proyecto no aparecen definidas, especificándose a elegir por la dirección facultativa, se ha visitado el edificio para corroborar sus características y completar la información mediante especificaciones técnicas o documentos de idoneidad técnica homologados de los productos empleados.
- Caracterización de elementos básicos materiales de la muestra según normativa. Se han revisado las normativas de obligado cumplimiento, en los casos en los que se hacen referencia a las mismas.
- Caracterización de elementos básicos materiales realizados por empresas de control y laboratorios especializados¹⁹.
- Conversión de unidades de medida mediante la aplicación del proceso de cálculo de la cantidad de componentes por unidad de medida establecido en el libro Presupuestación de Obras²⁰.

¹⁷ La unidad de medida de la partida origen es la que corresponda a cada PUD en que interviene el recurso.

¹⁸ Para designar lo que hemos denominado coeficiente de transformación, se empleará el acrónimo Ct.

¹⁹ Tal es el caso de los laboratorios Vorsevi "S.A", quienes nos han facilitado la dosificación del hormigón armado más empleado en la edificación en Sevilla a fin de determinar su peso.

²⁰ RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. "Presupuestación de Obras". Ed. Universidad de Sevilla. (2004), pgs 107-115.

Una vez conocidos exhaustivamente los elementos básicos materiales de la muestra, para obtener C_t se acude a cuatro tipos de fuentes de información:

Fuente 1: Densidad aparente. El peso del componente básico material se obtiene mediante la aplicación de la densidad aparente.

Fuente 2: Muestra pesada en báscula. El componente básico material especificado en proyecto, con las características definidas en el epígrafe de la medición, es pesado en báscula en el lugar de suministro.

Fuente 3: Información comercial. El peso del componente se obtiene mediante la información facilitada por catálogos comerciales de los productos a través de internet.

Fuente 4: Estimación subjetiva del peso. En el caso de que la complejidad del elemento haga imposible la obtención del peso mediante las fuentes anteriores, se realiza una estimación subjetiva de su peso, por similitud entre pesos de elementos homólogos.

Teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:

- Cada una de las fuentes establecidas es utilizada cuando es imposible determinar el peso del elemento mediante la fuente inmediatamente anterior.
- En el caso de no encontrarse la muestra específica definida en proyecto, se procede a obtener los datos correspondientes a los pesos de un máximo de tres muestras consideradas homólogas a la solicitada, siendo el valor de C_t el correspondiente a la media aritmética de los resultados obtenidos.
- Dado que los valores correspondientes al peso del elemento puede variar en función de la marca comercial y ésta no suele aparecer en proyecto, en el caso de utilizar la fuente 3, se busca un máximo de tres pesos correspondientes a muestras de similares características y diferentes marcas comerciales para un mismo producto, siendo el valor de C_t la media de los valores obtenidos, desechando el valor que sea muy dispar.

El listado de los valores correspondientes a los diferentes C_t y la procedencia de la fuente de donde se obtienen quedan recogidos en el anexo VI, mediante una tabla que presenta la forma siguiente:

CODIGO	UNIDAD EN EL ORIGEN	CBMs	TIPO DE FUENTE (P)	Ct	UNIDAD DE DESTINO
AANNNN_a	$U_{o,a}$	CBM_a	$F_{i,a}(P_{i,a})$	Ct_a	$kg/U_{o,a}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AANNNN_s	$U_{o,s}$	CBM_s	$F_{i,s}(P_{i,s})$	Ct_s	$kg/U_{o,s}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AANNNN_z	$U_{o,z}$	CBM_z	$F_{i,z}(P_{i,z})$	Ct_z	$kg/U_{o,z}$

Figura 5.26. "Relación de los Coeficientes de transformación (Ct) para los CBMs de la muestra"

Siendo:

$\boxed{A}\boxed{A}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}_s$ = El código del BCCA correspondiente al Componente Básico Material (CBM) "s" de la muestra, siendo $s = a, \dots, z$.

$U_{o,s}$ = Unidad de medida en el origen del Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra "s", ordenado por orden alfabético.

$F_{i,s}$ = El tipo de fuente de información al que se acude para determinar el peso del Componente Básico Material "s", donde $i =$ (Fuente 1, Fuente 2, Fuente 3 o Fuente 4).

P = Es la procedencia de la fuente elegida para determinar el valor de Ct, detallada al final del anexo VI subdivida en función de las fuentes 1, 2, 3 y 4.

$(P_{i,s})$ = Es la procedencia de la fuente de información empleada para la obtención del peso del Componente Básico Material "s".

$kg/U_{o,s}$ = Unidad de medida de destino, el kg por la unidad en el origen del Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra "s", ordenado por orden alfabético.

Ct_s = Es el Coeficiente de transformación para el CBM “s”, expresado en kg/Uo. Coeficiente que permitirá transformar la unidad de medida origen del CBM “s” en kg.

La aplicación del coeficiente Ct a cada componente básico material, permitirá obtener:

- a. Los kg de cada componente básico material consumidos por m^2 de edificación, obteniendo los valores mínimos, medios y máximos de la muestra.
- b. Los kg de materiales consumidos en cada proyecto de ejecución de la muestra.
- c. El peso medio de materiales consumidos por m^2 de edificación en el MCH.

Los componentes básicos así definidos atenderán a una nueva codificación, que se obtiene añadiendo la letra “k” a los códigos existentes, indicando que los valores a los que ahora representan están expresados en kg.

El listado correspondiente tras el proceso de normalización, puede verse en el anexo VII, recogiendo en lo que se ha denominado Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), constituida por las cantidades correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) de la muestra, contenidas en cada uno de los proyectos estudiados. Las cantidades están expresadas en la misma unidad de medida, el kg por m^2 de superficie construida.

La matriz presenta la siguiente forma:

$$QN=[QN_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra “s”, ordenado por orden alfabético.

La matriz desglosada queda:

CODIGO	CBMs	P₁	P₂	.....	P_p	.....	P₁₀
AANNNNk_a	CBM_a	QN_{1,a}	QN_{2,a}		QN_{p,a}		QN_{10,a}
.....	
AANNNNk_s	CBM_s	QN_{1,s}	QN_{2,s}		QN_{p,s}		QN_{10,s}
.....	
AANNNNk_z	CBM_z	QN_{1,z}	QN_{2,z}		QN_{p,z}		QN_{10,z}
TOTAL		QN₁	QN₂		QN_p		QN₁₀
SC		SC₁	SC₂		SC_p		SC₁₀

Figura 5.27. "Matriz de cantidades normalizadas"

Donde:

$\boxed{A} \boxed{A} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} k_s$ = Es el código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) de la muestra al que acompaña. Presenta el esquema del BCCA formado por siete caracteres, los dos primeros alfabéticos y los cinco restantes numéricos, al que se añade tras el último dígito numérico la letra "k", para expresar que los valores a los que representa están en kg.

Para completar la información, las últimas filas contienen los siguientes valores:

$$\text{Total} = \sum_s \mathbf{QN}_{p,s} \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Superficie Construida} = \mathbf{SC}_p \quad (p = 1, \dots, 10)$$

El concepto "total" recoge todos los valores correspondientes a los kg por m² construido de CBMs consumidos en cada columna de la matriz; esto es, en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados.

La última fila especifica a título informativo, la superficie construida correspondiente a cada uno de

los diez proyectos de ejecución, siendo un parámetro independiente en la matriz, ya que su valor queda recogido dentro de las cantidades normalizadas, al haber dividido previamente cada cantidad, expresada en unidad de medida origen, por la superficie construida en cada uno de los proyectos de ejecución en los que aparece.

La normalización de las unidades de medida da lugar a la cuantificación de los recursos materiales consumidos en el MCH, expresados en kg/m^2 construido; esto es, en la misma unidad de medida, lo que facilita el tratamiento y cálculo de la cantidad de recursos empleados a partir de todas las unidades en que intervengan y la aplicación de la etapa siguiente de la metodología.

Conclusiones etapa 2:

Una vez finalizada esta etapa, parece oportuno hacer una reflexión sobre el modelo propuesto y destacar, de forma muy sintética, las piezas clave de la adaptación de este modelo de cuantificación a los convencionales, que se podría resumir en:

- Homogeneización de la estructura de capítulos de los diferentes proyectos estudiados.
- Homogeneización en los precios descompuestos de los diferentes proyectos estudiados.
- Transferencia de medición desde otras partidas convencionales.
- Obtención de resultados por m^2 de edificación.
- Normalización de los resultados mediante la aplicación de coeficientes de transformación para ajustar el origen y el destino de las transferencias.

Por lo tanto, en esta etapa se cuantifica el consumo de recursos materiales en la tipología representativa de la construcción habitual en Sevilla, teniendo en cuenta que en nuestra cuantificación no se consideran el consumo de recursos que queden integrados en los costes indirectos de ejecución, al no quedar éstos cuantificados de forma expresa en los precios unitarios descompuestos.

ETAPA 3. En la etapa anterior, se determinan y cuantifican los Componentes Básicos Materiales (CBMs), en kg por m² de edificación, consumidos en la ejecución de una muestra diez proyectos de ejecución cuyas características tipológicas y constructivas coinciden con el Modelo Constructivo Habitual (MCH) en Sevilla.

Esta etapa tiene la misión de seleccionar los CBMs más representativos de la muestra de proyectos estudiados y determinar los valores correspondientes al consumo energético y emisiones de CO₂, expresados en MJ/kg y kgCO₂/kg respectivamente, creando con ellos una Base de Datos que pueda ser utilizada en la siguiente etapa, donde se llevará a cabo la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ que se producen en el modelo de edificación definido, consecuencia de la fabricación de los recursos materiales empleados en su construcción.

Para lograr los dos objetivos expuestos en el Nivel 3, la estructura se organiza en base a las subetapas planteadas en la figura 4.1, atendiendo en su ejecución al orden jerárquico establecido, siendo las dos primeras comunes para la consecución de cada uno de los objetivos perseguidos.

Las subetapas en que se divide la etapa 3 de la metodología son las siguientes: E₃₁: Determinación de componentes representativos de la muestra, E_{3.2}: Caracterización de variables y E_{33A}: Consumo por material y E_{33B}: Emisiones por material. La última subetapa E_{3.3}, se ha subdividido a su vez en los apartados A y B, dado que una vez completada la subetapa anterior E_{3.2} se puede obtener uno u otro objetivo indistintamente.

En la figura 5.28 adjunta se recoge gráficamente la estructura planteada, especificándose además la procedencia de los datos necesarios para su desarrollo, así como el fin al que se destinan los resultados obtenidos; siendo preciso atender en su ejecución al orden jerárquico establecido.

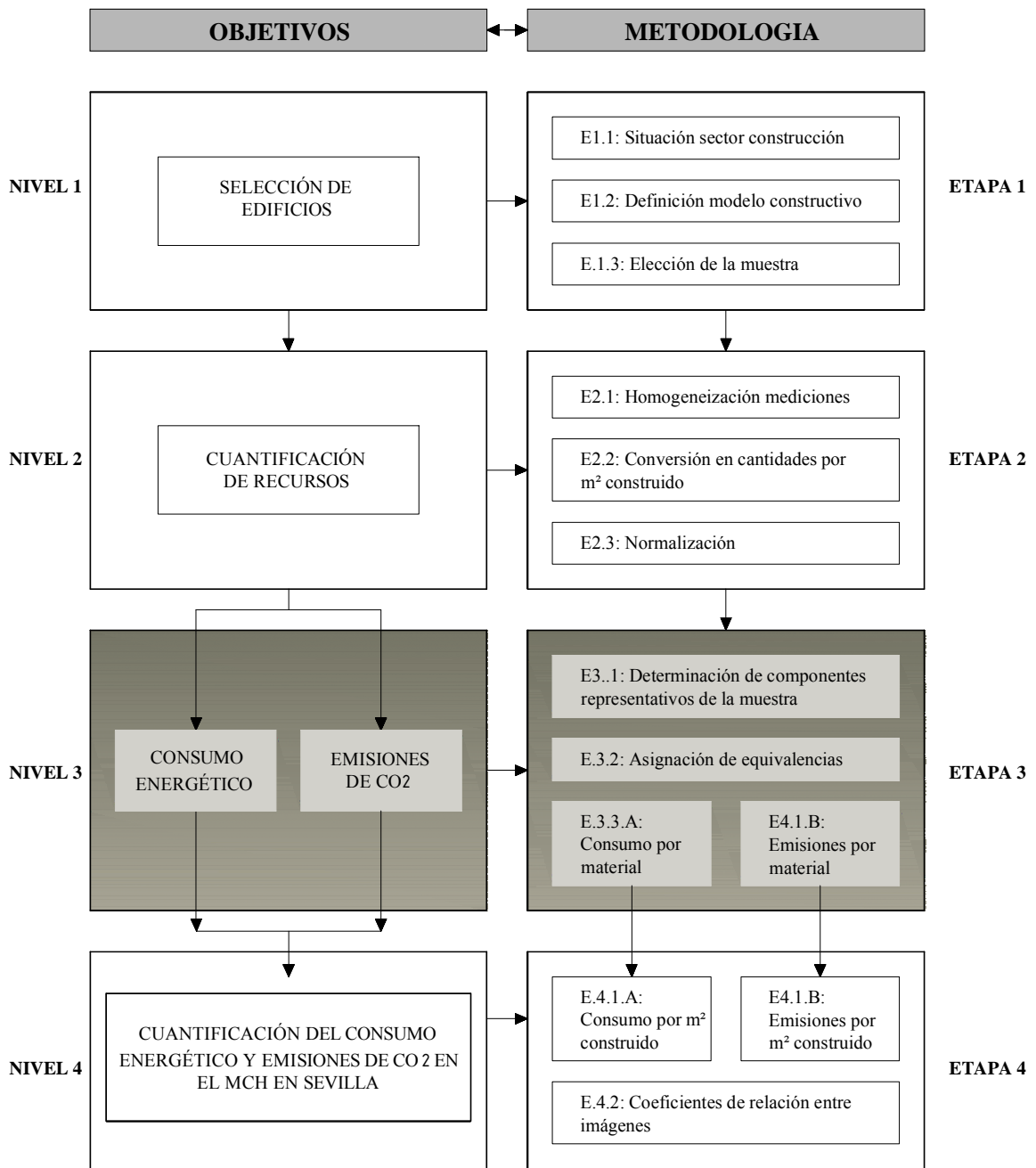


Figura 5.28. "Esquema metodológico etapa 3"

Para la consecución de los fines deseados será necesario:

Una herramienta informática de cálculo. El programa de tratamiento de datos y análisis estadístico empleado se denomina Statical Product and Service Solutions¹ (SPSS 11), que usa como soporte el sistema operativo Windows, cuyo desarrollo pormenorizado se explica en la subetapa donde tiene lugar su aplicación, elegido por ser capaz de efectuar los cálculos estadísticos más complejos con la máxima sencillez y eficacia al tiempo que con el mínimo esfuerzo. También se utiliza el programa de cálculo Microsoft Excell.

Una Base de Datos de información medioambiental: Se decide asumir como fuente fiable de información, un listado de ciento sesenta y ocho materiales empleados en la construcción de edificios², especificados en la subetapa donde tiene lugar su aplicación, de los que se dispone en la actualidad de la cantidad de energía consumida en la fabricación de un kg de cada uno de ellos y las emisiones de CO₂ producidas en este proceso. Los valores se expresan en MJ/kg para el consumo energético y en kgCO₂/kg para las emisiones de CO₂.

Este listado ha sido empleado como base para la constitución del banco de precios y pliegos de condiciones genéricos BEDEC PR/PCT³ del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC). Base de datos que cuenta con un 90% de partidas de edificación con información sobre consumo de energía y emisiones de CO₂ y que forma parte de su metaBase, conjunto de bases de datos con información de productos de la construcción que ofrece información de precios, pliegos de condiciones, características técnicas, empresas, certificaciones, imágenes de productos y datos medioambientales.

Para justificar los motivos fundamentales que nos conducen en la investigación a asumir esta fuente de información, hay que remontarse a la elección de los objetivos propuestos en esta tesis doctoral y la reflexión a que dio lugar su determinación, pasando por etapas de crisis, en las que se

¹ PARDO MERINO, A.; RUIZ DÍAZ, M.A. “Guía para el análisis de datos”. Ed. McGraw-Hill. Madrid (2002).

² Esta información ha sido facilitada por uno de sus miembros para la realización de la presente tesis, a fin de ampliar el campo de investigaciones futuras. Nos referimos a D. Albert Cuchí Burgos, Dr. Arquitecto, profesor del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC, Escuela de Arquitectura del Vallès y de programas de master y doctorado. Investigador nato de reconocido prestigio, con participación en numerosos proyectos de investigación en el campo de la Sostenibilidad.

³ El Banco BEDEC PR/PCT que contiene los precios de 375.000 elementos de edificación, urbanización, ingeniería civil, rehabilitación y restauración, seguridad y salud, ensayos de control y gastos indirectos, con precios de referencia para todas las provincias, pliegos de condiciones técnicas, productos comerciales y datos medioambientales en formato FIE-BDC paramétrico. Puede ser consultada on line, en <http://www.itec.cat>.

desestimaron algunos de los objetivos iniciales, debido a que contrastar esta información excede los objetivos de esta tesis. Nuestro trabajo parte del estudio de los materiales constitutivos de la tipología edificatoria representativa en Sevilla, pero el concepto de material y su ciclo de vida es amplio y debíamos acotar el ámbito de estudio.

En consecuencia, la presente tesis doctoral aspira a facilitar una metodología de trabajo para obtener un modelo de cuantificación del consumo energético y emisiones de CO₂ en el MCH en Sevilla, como medida de aproximación a una arquitectura medioambientalmente correcta desde la óptica de los recursos materiales consumidos en su ejecución.

Para ello, es necesario en esta etapa 3, asignar los datos medioambientales conocidos al listado de recursos materiales consumidos en la ejecución del Modelo de Construcción Habitual (MCH), obtenido en la etapa 2, mediante el desarrollo de las siguientes subetapas, siguiendo un camino paralelo para la consecución de cada uno de los objetivos expuestos, siendo las dos primeras subetapas comunes a ambos.

ETAPA 3.1. Determinación de componentes representativos de la muestra.

En la subetapa anterior tenía lugar la normalización, en peso por m² construido, de los datos correspondientes a las cantidades de cada uno de los Componentes Básicos Materiales (CBMs) de la muestra, expresadas en unidades de medida origen, procedentes del conjunto de proyectos de ejecución seleccionados para el estudio. El objetivo perseguido era conseguir valores comparables. Los resultados obtenidos se configuraban en una matriz, para poder ser evaluados mediante comparación directa, que se ponía a disposición de la siguiente subetapa.

Se pretende en la subetapa 3.1, determinar el conjunto de CBMs representativos de la muestra, desde el punto de vista los objetivos planteados en este nivel, como son el consumo energético y las emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de los CBMs obtenidos.

La estrategia a seguir para ello, consiste en:

- a. Definir una Base de Datos de referencia donde se pueda aplicar el apartado siguiente.
- b. Definir un conjunto de “normas” que permitan sintetizar la información de mayor relevancia, teniendo en cuenta el fin deseado.

La Base de Datos de referencia utilizada será la configurada en la subetapa 2.3, denominada Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), por los siguientes motivos:

1. Las variables son de naturaleza cuantitativa y sus valores están homogeneizados; esto es, las cantidades de cada CBM de la muestra están expresadas en la misma unidad de medida, el peso de cada CBM.
2. Se ha eliminado el efecto del tamaño de cada proyecto, al haber utilizado un indicador de medida generalmente aceptado, la superficie construida⁴ (SC), que nos permite conocer las cantidades de cada CBM por m² construido.

Los resultados obtenidos tras la aplicación de las “normas” conseguidas en esta subetapa 3.1, se configuran en lo que se denominará Matriz Derivada de CBMs representativos, donde se sintetizan los CBMs más representativos de la muestra y los valores resultantes expresados en kg/m² construido. Su estructura será común a todas las matrices de cantidades que constituyen la Base de Datos de esta tesis doctoral: las columnas representan cada uno de los diez proyectos de ejecución contenidos en la muestra seleccionada de edificios representativos del Modelo Constructivo Habitual (MCH) y las filas, los Componentes Básicos Materiales (CBMs) empleados en su ejecución.

El proceso llevado a cabo explicado pormenorizadamente es el siguiente⁵:

a. Definición de la Base de Datos de partida, la “Matriz de Cantidades Normalizadas (QN)”: Constituida por las cantidades, correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) de la muestra, contenidas en cada uno de los proyectos estudiados. Las cantidades están expresadas en la misma unidad de medida, el kg por m² de superficie construida, proceso que se ha denominado normalización de las cantidades originales. El resultado es una matriz de la forma:

⁴ Se considera el indicador de la Superficie Construida (SC) frente a otros utilizados en el sector de la edificación como es la superficie útil, por ser más preciso y objetivo para nuestro fin. Mientras que la superficie útil mide la “utilidad” o dimensión del espacio verdaderamente disponible, nuestro objetivo es medir la cantidad de recursos materiales consumidos en un determinado edificio. La medición de la misma se ha realizado en base a la definición establecida en el Decreto 149/2006 por el que se aprueba el Reglamento de Viviendas Protegidas de la Comunidad Autónoma de Andalucía, publicado en el BOJA núm.153, el 8 de Agosto.

⁵ Siendo una aplicación del planteado por el profesor Dr. D.Antonio Ramirez de Arellano en su Tesis Doctoral: La Teoría de Sistemas al Servicio del Análisis de Presupuestos de Obras.

$$QN=[QN_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra “s”, ordenado por orden alfabético.

b. Obtención del conjunto de “normas” que van a sintetizar de forma justificada los CBMs representativos de la muestra.

Para obtener “normas” generalizables, necesitamos definir los parámetros comunes que van a identificar cada uno de los CBMs de la muestra, siendo necesario conocer previamente las características, el comportamiento y la forma de evolución de las variables del sistema en relación con los objetivos expuestos en este nivel 3, el consumo energético y las emisiones de CO_2 de los materiales.

Para ello se lleva a cabo un análisis de los resultados configurados en la Matriz de QN, del que se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Los CBMs de la muestra no aparecen en todos los proyectos, por lo que el número de valores presentes de cada variable puede ser distinto al tamaño de la muestra. Esto nos obliga a utilizar un nuevo concepto, que denominamos “Coeficiente de Participación” (CP), definido como la relación entre el número de CBMs presentes en el conjunto de la muestra y el tamaño de la misma.

$$CP_i = NP_i/N_m$$

Siendo $i =$ el número de proyectos en los que aparece el CBM de referencia.

m = el número de proyectos totales de la muestra.

2. Los recorridos de las variables muestran importantes diferencias en peso/m² de edificación. Existen CBMs con valores muy pesados dentro de la edificación (p.e.: el hormigón) y otros con valores insignificantes (p.e.: brida galvanizada).
3. Las diferencias observadas en el apartado anterior, corresponden al peso del material por m² de edificación; pero no significa que los valores correspondientes al consumo energético y emisiones de CO₂ sigan el mismo criterio. Un material con poco peso puede tener un impacto medioambiental relevante.
4. Existen valores extraordinariamente dispersos que muestran comportamientos irregulares de los CBMs entre los proyectos estudiados (p.e.: ventana abatible de acero galvanizado, que aparece en un solo proyecto (P2), mientras el resto utiliza ventanas abatibles de aluminio lacado), por lo que las primeras no se consideran un CBM representativo del conjunto dentro de la muestra definida.
5. Existen CBMs distintos, al poseer distinto código en base al BCCA, que son el mismo material desde el punto de vista de nuestra investigación; más aún cuando en la matriz objeto de estudio las cantidades están expresadas en kg, habiéndose considerado previamente para el cálculo las dimensiones, incluyendo los espesores, correspondientes a cada material (p.e.: baldosa cerámica de 14x28 cm y baldosa cerámica de 20x20 cm), desde el punto de vista de nuestros objetivos se consideran el mismo material, baldosas cerámicas, puesto que poseen el mismo consumo energético y emisiones de CO₂ en la fabricación de un kg de baldosas cerámicas).

Reflexionando sobre las conclusiones expuestas, se deduce lo siguiente:

- a. Es necesario eliminar los valores extremos de cada variable, prescindiendo de los datos con desviación excesiva, máximos y mínimos; esto es, definiremos los límites del intervalo intercuartílico, aquel que contiene el 75% de los valores centrales del recorrido de las variables. Dado que la muestra está constituida por diez proyectos de ejecución, el intervalo intercuartílico se corresponderá con el 80%, al optar por eliminar tan solo dos

valores extremos, el mínimo y el máximo. Los valores extremos no considerados, se suponen que se comportan como la media, teniendo en cuenta su peso en la etapa 4 de la metodología.

- b. Para definir los límites del intervalo intercuartílico de cantidades en peso por m² de cada CBMs en el conjunto de valores presentes en la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), nos ayudaremos de la anotación de Beeston:

IQR = Rango del Intervalo Intercuartílico.

Siendo sus límites en la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN) los siguientes:

$$QN_{s,max} = m_{p,ax} [IQR(QN_{p,s})]$$

$$QN_{s,min} = m_{p,in} [IQR(QN_{p,s})]$$

- c. Utilizaremos la ayuda de programas informáticos de análisis estadísticos para calcular los valores extremos, como medida de la dispersión, en un tiempo razonable, el Statical Product and Service Solutions (SPSS 11). Una vez obtenidos los datos deseados se exportará al programa Microsoft Excell para continuar con los cálculos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$QN_{s,max} = m_{p,ax}$$

$$QN_{s,min} = m_{p,in}$$

- d. Se debe tener presente en todo momento los objetivos expuestos en el nivel 3 de la metodología; por lo que tendremos en consideración los datos medioambientales facilitados por el ITeC recogidos en la figura 5.32, expresados en MJ/kg para el consumo energético requerido en la fabricación de los CBMs a los que representan y en kgCO₂/kg para las emisiones de CO₂ producidas en este proceso.

No obstante, la aplicación directa del intervalo intercuartílico a la muestra presenta los siguientes inconvenientes:

- Existen CBMs que presentan características similares a otros dentro de la misma Matriz (QN), desde el punto de vista de nuestra investigación; con lo que su eliminación, por pertenecer tan solo a dos proyectos dentro de la muestra, reduce la aproximación de los resultados a la realidad, (p.e.: la baldosa de mármol rojo Alicante de 40x40 cm aparece tan solo en un proyecto de ejecución, P₄; mientras que la baldosa de mármol blanco Macael de 40x40 cm aparece en cuatro proyectos de ejecución, P₁, P₂, P₆ y P₉. Eliminar el primero reduce la aproximación de los resultados a la realidad, sus características son similares.)
- Existen CBMs que pueden resultar poco representativos de la muestra si se considera el número de proyectos en los que intervienen. Sin embargo, sus cantidades en peso son relevantes, lo que nos hace dudar si por ende también lo serían en cuanto al consumo energético y emisiones de CO₂ se refieren, (p.e.: acero en perfiles tubulares y pletinas, manufacturado, aparece tan solo en un proyecto, el denominado P₁₀, pero interviene con una cantidad de 11.845,35 kg). Para tomar una decisión acertada, es necesario conocer los valores correspondientes al consumo energético y emisiones de CO₂ producidas en la fabricación de un kg de acero en perfil laminado).

En base a lo anterior, se considera por tanto necesario, realizar una revisión exhaustiva de la Matriz (QN), que nos permita determinar los CBMs representativos del MCH, aproximándonos lo máximo posible a las cantidades reales consumidas en su ejecución, teniendo presente como paso previo que facilita la aplicación del intervalo intercuartílico, el Coeficiente de Participación (CP) de cada CBM dentro de la muestra y la información medioambiental del ITeC, cuyos datos vienen expresados en MJ/kg para el consumo energético requerido en la fabricación de los CBMs a los que representan y en kgCO₂/kg para las emisiones de CO₂ producidas en este proceso.

En el anexo VIII se puede observar la introducción de la columna CP_i en la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), especificándose la participación de cada CBM en la muestra, lo que será necesario para la aplicación del siguiente apartado. Para diferenciarla de la Matriz (QN), la denominamos Coeficiente de Participación en la Matriz de Cantidades Normalizadas (CP_i) QN.

La matriz queda ahora de la forma siguiente:

CODIGO	CBMs	CP	P₁	P₂	.....	P_p	.....	P₁₀
AANNNNNk_a	CBM_a	CP_{p,a}	QN_{1,a}	QN_{2,a}		QN_{p,a}		QN_{10,a}
.....	
AANNNNNk_s	CBM_s	CP_{p,s}	QN_{1,s}	QN_{2,s}		QN_{p,s}		QN_{10,s}
.....	
AANNNNNk_z	CBM_z	CP_{p,z}	QN_{1,z}	QN_{2,z}		QN_{p,z}		QN_{10,z}
TOTAL			QN₁	QN₂		QN_p		QN₁₀
SC			SC ₁	SC ₂		SC _p		SC ₁₀

Figura 5.29. "Coeficiente de Participación en la matriz de cantidades normalizadas"

Donde:

$\boxed{A}\boxed{A}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}\boxed{N}k_s$ = Es el código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) de la muestra al que acompaña. Presenta el esquema del BCCA formado por cinco caracteres, los dos primeros alfabéticos y los cinco restantes numéricos, al que se añade tras el último dígito numérico la letra "k", para expresar que los valores a los que representa están en kg.

$CP_{p,s}$ (s = a, ..., z) = Es el Coeficiente de Participación del Componente Básico Material "s" dentro de la muestra constituida por los diez proyectos de ejecución.

El resto de filas y columnas de la matriz tienen el mismo significado que en la matriz (QN) de donde procede.

El proceso de revisión llevado a cabo concluye con la definición de las siguientes "normas de aplicación":

a. Agrupación de componentes básicos materiales por similitud de características entre el material origen y el de destino, considerándose el material origen poco representativo dentro de la muestra.

La agrupación se realiza entre aquellos componentes básicos materiales que poseen similares características y que aparecen a lo sumo en dos de los diez proyectos de ejecución estudiados, encontrándose tanto el material de origen como el material de destino dentro de la muestra. La agrupación realizada, recoge el nombre coloquial del material de destino, al aparecer en más de dos proyectos de ejecución y por ende considerarse de mayor representatividad en la muestra. En este caso se entiende que la elección del material origen puede deberse a un error de medición.

La operación a realizar sobre la Matriz de QN consiste en la suma de los kg/m² construido correspondientes a los CBMs agrupados dentro de cada uno de los proyectos de ejecución estudiados.

Ejemplo: El azulejo artesano de 15x15 cm y el azulejo blanco de 15x15 cm, se agrupan con el azulejo color liso de 15x15 cm. Los componentes básicos materiales citados son de similares características, apareciendo los dos primeros en dos de los diez proyectos de ejecución que forman parte de la muestra objeto de estudio. Las cantidades en cada proyecto se suman y el nombre coloquial que recibe la agrupación es la correspondiente al tercero, el más representativo de la muestra.

b. Agrupación de componentes básicos materiales por similitud de características físico-químicas y de impacto ambiental.

La agrupación tiene lugar en base a la similitud de características físico-químicas entre los materiales originales, considerándose el mismo elemento desde el punto de vista de nuestros objetivos; esto es, al poseer iguales valores en cuanto al consumo energético y emisiones de CO₂ por kg, en su proceso de fabricación, teniendo como referencia los datos medioambientales conocidos.

En este caso todos los elementos agrupados aparecen en más de dos proyectos de ejecución

dentro de la muestra, pudiendo agruparse bajo este concepto los materiales de destino definidos mediante el apartado anterior. El nombre coloquial que recibe la agrupación es de nueva incorporación, siendo el mismo representativo del conjunto.

Ejemplo: El acero B-400 S, B-500 S y acero electrosoldado B-500 S en malla, poseen similares características físico-químicas, al considerarse acero estructural y poseen los mismos valores medioambientales relacionados con el consumo energético y emisiones de CO₂ en su proceso de fabricación, con lo que son agrupados bajo el nombre coloquial de acero estructural.

- c. Eliminación de componentes básicos materiales no representativos de la muestra.** Se eliminan aquellos componentes que no pueden ser agrupados en ninguno de los apartados anteriores y aparecen a lo sumo en dos de los diez proyectos de ejecución estudiados, considerándose poco representativos dentro de la muestra original.

Ejemplo: Una bomba circuladora (primario) 1200 L/H, 2MCA, al aparecer tan solo en uno de los diez proyectos de ejecución y no poderse agrupar en ninguno de los anteriores apartados.

La aplicación de la norma específica a, b, c, a cada CBM de la muestra puede observarse en el anexo IX.

La matriz resultante, recogida en el anexo X, se denomina **Matriz Derivada de CBMs representativos (R)**, constituida por las cantidades correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra, tras llevar a cabo sobre la Matriz de (QN) las agrupaciones o eliminaciones de CBMs en base a las normas establecidas, especificadas de forma pormenorizada en el anexo IX. Las cantidades siguen estando expresadas en la misma unidad de medida, el kg por m² de superficie construida. Es una matriz de la forma:

$$R=[R_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen

la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra “s”, ordenado por orden alfabético.

La matriz desglosada queda:

CODIGO	CBMs	P₁	P₂	.....	P_p	.....	P₁₀
AA9NNNNk_a	CBM_a	R_{1,a}	R_{2,a}		R_{p,a}		R_{10,a}
.....	
AA9NNNNk_s	CBM_s	R_{1,s}	R_{2,s}		R_{p,s}		R_{10,s}
.....	
AA9NNNNk_z	CBM_z	R_{1,z}	R_{2,z}		R_{p,z}		R_{10,z}
TOTAL		R₁	R₂		R_p		R₁₀

Figura 5.30. "Matriz Derivada de CBMs representativos"

Donde:

$\boxed{A} \boxed{A} \boxed{9} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} k_s$ = Es el código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra al que acompaña. Presenta el esquema del BCCA formado por siete caracteres, los dos primeros alfabéticos y los cinco restantes numéricos, al que se añadió tras el último dígito numérico la letra “k”, para expresar que los valores a los que representaba están en kg. En esta matriz el primer dígito numérico, generalmente el “0” es sustituido por el número “9” para indicar que el CBM al que acompaña procede de una agrupación de CBMs en base a las normas establecidas.

Para completar la información, la última fila contiene los siguientes valores:

$$\text{Total} = \sum_s \mathbf{R}_{p,s} \quad (s = a, \dots, z)$$

El concepto “total” recoge todos los valores correspondientes a los kg por m² construido de CBMs representativos de la muestra, consumidos en cada columna de la matriz; esto es, en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados.

ETAPA 3.2. Asignación de equivalencias: Caracterización de variables representativas de la muestra.

En la subetapa anterior se ha obtenido una matriz homogénea de CBMs representativos de la muestra, Matriz Derivada de CBMs representativos (R), que constituye la Imagen de Referencia del MCH en Sevilla.

Una vez definida la estructura de la Imagen (E.3.1), intentaremos construir el perfil que la identifique y las fronteras en el conjunto de valores posibles acotado por los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra definida.

Para ello se empleará la definición de parámetros estadísticos, procediéndose a caracterizar cuantitativamente las variables resultantes del proceso anterior mediante los aspectos básicos siguientes:

El intervalo de confianza, definido por los extremos del intervalo intercuartílico⁶.

La dispersión, para medirla se obtendrán los valores mínimos y máximos del recorrido de cada variable.

La media⁷, considerada como la medida de tendencia central más adecuada a nuestros fines.

⁶ Definido en la tesis doctoral de RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A. “La Teoría de Sistemas al Servicio del Análisis de presupuestos de obras”. Ed. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla, Sevilla (1989). Véase pág. 227. En su referencia (70) dice que: *Los cuantiles más comúnmente utilizados son los “cuartiles”. Estos marcan el 25%, con lo que el 75% de los puntos quedará comprendido entre el cuartil inferior y el cuartil superior del recorrido. La diferencia entre ambos cuartiles se denomina “intercuartiles range” (rango intercuartílico).* BEESTON, D.K. “*Statical...*”.*op.cit.*

⁷ Media aritmética: suma de todas las variables consideradas dividida por el número de variables.

La determinación de los parámetros estadísticos especificados se realiza mediante el programa de tratamiento de datos y análisis estadístico Statical Product and Service Solutions (SPSS. 11), siendo los resultados⁸ obtenidos los siguientes:

- a. El intervalo de confianza, definido por los extremos del intervalo intercuartílico.

$$R_s \max = m_{pax} [IQR(R_{p,s})]$$

$$R_s \min = m_{pin} [IQR(R_{p,s})]$$

- b. La dispersión, definida con los valores mínimos y máximos del recorrido de la variable.

$$R_s \max = m_{pax}$$

$$R_s \min = m_{pin}$$

- c. La media aritmética, como medida de tendencia central, calculada una vez eliminados los valores máximos y mínimos correspondientes a cada CBM representativo; esto es, la media de los valores centrales del recorrido. Los CBMs representativos cuya media proporcione valores a partir de la cuarta cifra decimal regresan a formar parte de la Matriz Original (Q).

$$R^* = \sum_s [R_s - R_{s\max} - R_{s\min}] / 8$$

Posteriormente los datos se introducen en el programa de cálculo Microsoft Excell, para continuar con el proceso.

Los resultados obtenidos se configuran en una matriz, recogida en el anexo XI, y que se denomina **Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos (V)**, que contiene los valores estadísticos

⁸ SECUENCIA SEGUIDA EN EL PROGRAMA PARA EL CÁLCULO: (1) Abrir SPSS. Archivo-Abrir-Datos. Seleccionar Tipo Excel. Buscar en: archivo-1.inicio. Seleccionar hoja y rango que corresponda: C6: BF.() (2) Calcular percentil 12.5 y 87.5 (intervalo intercuartílico del 75%). Secuencia: analizar-estadísticos descriptivos-frecuencias. (3) Exportar a Excel los resultados. Visor SPSS: seleccionar cuadro resultados (se denominan ESTADÍSTICOS). Sobre él, pulsar el botón derecho del ratón. Seleccionar Exportar: Tipo archivo Excel. Examinar: almacenar en Escritorio-Trabajo-Becarios-Recopilación encuestas naves-ayudas-OUTPUT. (4) Llevar OUTPUT a 1.inicio. Llevar válidos y percentiles. Recalcular coef.presencia. (5) Obtener tabla 2.transición (eliminar elementos extremos). Copiar Hoja 1.inicio en el apartado correspondiente de 2.Transición. Eliminar elementos extremos, ordenándolos primero. (6) Importar a SPSS 2.transición : C6: BF(). (7) Obtener media y desviación típica. Secuencia: analizar-estadísticos descriptivos-descriptivos. (8) Exportar a Excel. Ídem 3. (9) Pegar en 3.Definitiva.Válidos-coeficiente presencia-percentiles(trasponer).Media-desviación típica (pegar valores). (10) Obtener coeficiente de desviación. Coef.variación = desv.típica/media. (11) Llevar las columnas a 4.Medias

resultantes del proceso de cálculo de: media de los valores centrales del recorrido de cada variable, en peso/m² construido, y los extremos: mínimos y máximos definidos por el intervalo intercuartílico, enlazados con cada uno de los CBMs representativos de la muestra a los que definen cuantitativamente.

La matriz desglosada queda:

CODIGO	CBMs	Media	Intervalo	
AA9NNNNk _a	CBM _a	R* _a	R _a min	R _a max
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _s	CBM _s	R* _s	R _s min	R _s max
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _z	CBM _z	R* _z	R _z min	R _z max
TOTAL		R*		

Figura 5.31. "Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos"

Donde:

AA9NNNNk_s = Es el código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra al que acompaña.

R_s* = El valor medio correspondiente al peso/m² construido del CBM "s" obtenido mediante la fórmula:

$$R_s^* = \sum_s [R_s - R_{s\max} - R_{s\min}] / 8$$

Siendo s = a, ..., z. Es el Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra "s", ordenado por orden alfabético.

R_smin = El valor mínimo correspondiente al CBM "s" del proyecto p, eliminado para la obtención de la media.

R_smax = El valor máximo correspondiente al CBM "s" del proyecto p, eliminado para la obtención de la media.

La última fila recoge los valores medios correspondientes a los kg por m² construido de recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH en Sevilla.

$$\text{Total} = \sum_s \mathbf{R}^*_s \quad (s = a, \dots, z)$$

Es importante destacar que, atendiendo al criterio establecido por el intervalo intercuartílico, los CBMs que han sido eliminados respecto del listado original, no son obviados de la investigación, sino que se acepta la hipótesis de que se comportan igual que la media, siendo considerados para obtener los resultados finales de esta tesis doctoral.

ETAPA 3.3: Consumo energético y emisiones de CO₂ por componente básico material.

Una vez seleccionados los Componentes Básicos más representativos en la ejecución del Modelo Constructivo Habitual (MCH) en Sevilla y los valores que los definen, en peso/m² construido. Es necesario en esta etapa determinar los parámetros medioambientales correspondientes al consumo energético producido en la fabricación de cada CBM definido mediante la subetapa anterior (etapa 3.2) y las emisiones de CO₂ que se producen en su fabricación.

El objetivo es crear una Base de Datos medioambientales específica para los CBMs representativos del MCH en Sevilla, que quede a disposición de la etapa siguiente de la metodología (etapa 4) donde tendrá lugar la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ del MCH definido.

La herramienta de trabajo utilizada para conseguir los objetivos planteados en este nivel 3, es la fuente de información medioambiental del ITeC, constituida por ciento sesenta y ocho materiales empleados en la construcción de edificios, de los que se posee en la actualidad de información medioambiental relacionada con el consumo energético y las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de tales materiales, empleadas para la creación del banco BEDEC⁹ PR/PCT del ITeC y que hemos asumido como fuente fiable de información.

⁹ El edificio que el banco tiene como referencia propia (denominado edificio BEDEC) es una edificación aislada conformada por planta de sótano destinada a parking, planta baja de locales comerciales y tres plantas de viviendas, con unos 2.500 m² de superficie total y sistemas constructivos convencionales. La hipótesis simplificadora del banco utilizado en nuestra investigación, BCCA, es un proyecto relativo a una teórica obra de edificación de nueva planta cualquiera que sea su uso, ubicada en una zona abierta, sin problemas en el solar en cuanto a accesos, comunicaciones y suministros se refiere, y con una superficie construida en torno a 5.000 m². Como observamos exceptuando la superficie total el resto es semejante en ambos bancos, incluso semejante a la tipología estudiada, con lo que entendemos factible la transferencia de datos.

Los datos correspondientes quedan recogidos en la tabla siguiente:

Datos ambientales banco ITeC		
Materials	MJ/kg	kgCO₂/kg
ABS	100,00	14,76000
acer	35,00	2,80000
acer al carbó	35,00	2,96000
acer cadmiat	37,00	3,63000
acer conformat	36,00	2,88000
acer conformat galvanitzat	37,00	3,63000
acer cromat	38,80	0,10486
acer esmaltat	38,80	3,80659
acer galvanitzat	39,90	3,91451
acer inox	177,00	16,06275
acer lacat	38,80	3,80659
acer laminat	35,00	2,80000
acer laminat galvanitzat	37,00	3,63000
acer negre	24,40	1,95000
acer pintat al forn	40,00	3,92432
acer prelacat	37,00	3,63000
acer recuit	42,50	3,40000
addició	10,00	0,94000
additiu	93,00	13,72680
additiu escumant	100,00	14,76000
adhesiu copolímer acrílic	45,00	6,64200
adhesiu de cautxú sintètic	45,00	6,64200
adhesiu de poliuretà	45,00	6,64200
adhesiu de PVC	45,00	6,64200
adhesiu de resines epoxi	45,00	6,64200
adhesiu en dissolució aquosa	45,00	6,64200
adhesiu en dissolució d'alcohol	45,00	6,64200
aglomerat fusta	14,00	0,83000
aigua	0,05	0,00000
alumini	205,00	30,13977
alumini anoditzat	227,00	33,36900
alumini lacat	218,00	32,04600
argila expandida	4,50	0,13500
àrid	0,10	0,03000
àrid reciclat	0,10	0,03000
asfalt	3,40	0,50320
baquelita	100,00	14,76000
bentonita	0,10	0,00943
betum asfàltic	44,10	6,48270
bronze	46,80	4,58000
butil	100,00	14,76000

Datos ambientales banco ITeC		
Materials	MJ/kg	kgCO₂/kg
calç	3,43	0,32299
cartró-guix	7,90	0,47400
cautxú asfàltic	110,00	16,28000
cautxú sintètic	110,00	16,28000
ceràmica	2,32	0,17632
ceràmica alleugerida	2,47	0,16796
ceràmica esmaltada	13,00	0,97500
ceràmica refractària	2,50	0,18750
ceràmica vidriada	7,20	0,54000
ciment	4,36	0,41109
ciment ràpid	7,00	0,66000
cola	100,00	14,76000
cola natural	5,00	0,45000
coure	150,00	14,70000
coure recuit	152,00	14,89600
coure semidur	150,00	14,70000
detergent	100,00	14,76000
dissolvent	100,00	14,76000
elèctrica	0,80	0,32000
EPDM	100,00	14,76000
escaiola	2,57	0,23987
escuma alveolar	70,00	10,33000
escuma de polietilè	85,20	12,58083
escuma de poliuretà	70,00	10,33000
escuma elastomèrica	77,00	11,36000
esmalt de poliuretà	70,00	10,33000
esmalt sintètic	90,00	13,28961
ferro colat esmaltat	43,20	4,23000
fibra de poliamida	100,00	14,76000
fibra de vidre	22,00	1,65000
fibra mineral	2,35	0,22157
fibra natural	1,70	0,15300
fibra sintètica	30,00	2,25000
fibrociment	9,50	0,88667
fibrociment NT	9,50	0,88667
form.polímer	2,00	0,19000
formigó cel.lular prefabricat	4,80	0,45600
formigó prefabricat	2,30	0,21850
fosa	32,80	2,62400
fusta	2,10	0,06300
gasoil	0,65	0,32000
goma elastomèrica	100,00	14,70000
goma termoplàstica	100,00	14,76000
granulat carborúndum	0,10	0,00000
gres esmaltat	10,90	0,81750

Datos ambientales banco ITeC		
Materials	MJ/kg	kgCO₂/kg
gres extruït	8,35	0,63460
gres extruït esmaltat	10,90	0,81750
gres porcelànic	10,90	1,02460
gres premsat esmaltat	10,90	0,81750
guix	2,57	0,23987
imprimació antioxidant	100,00	14,76000
làtex	10,00	1,47000
llana	3,00	0,27000
llana de roca	18,00	1,35000
llautó	160,00	15,68000
llautó cromat	162,80	15,94811
llautó esmaltat	162,80	15,94083
massilla acrílica	20,00	2,95000
massilla de polisulfurs	20,00	2,95000
massilla de poliuretà	20,00	2,95000
massilla de silicona	20,00	2,95000
màstic	78,00	11,51280
matèria vegetal	0,00	0,00000
metacrilat	53,72	7,92907
mirall de lluna	19,00	1,12000
morter pref. rentat àcid	2,00	0,19000
morter prefabricat	2,35	0,22325
morter prefabricat alleugerit	2,50	0,23750
morter prefabricat argila expand	2,00	0,19000
morter prefabricat esmaltat	2,00	0,19000
morter prefabricat polit	2,00	0,19000
morter prefabricat silico-calcari	2,00	0,19000
neoprè	120,00	17,71000
nylon	100,00	14,76000
oli sintètic	100,00	14,76000
oxiasfalt	10,00	1,47000
paper	31,10	1,80380
pedra natural	0,18	0,01800
pedra natural d'importació	0,18	0,01800
pedra natural nacional	0,18	0,01800
perlita expandida	4,53	0,13590
pintura acrílica	24,70	3,64325
pintura al forn	100,00	14,76000
pintura al silicat	20,00	1,80000
pintura antioxidant	100,00	14,76000
pintura asfàltica	20,00	2,94000
pintura plàstica	20,00	2,95000
plom	190,00	22,42000
poliamida	121,00	17,85960

Datos ambientales banco ITeC		
Materials	MJ/kg	kgCO₂/kg
polibutilè	100,00	14,76000
policarbonat	79,00	11,66040
polièster	53,72	7,92907
polièster reforçat	53,72	7,92907
poliestirè	100,00	14,76000
poliestirè expandit	117,00	17,26920
poliestirè extruït	117,00	17,26920
polietilè	102,00	15,06156
polietilè expandit	102,00	15,06156
polímer orgànic	100,00	14,76000
polipropilè	79,00	11,66040
polisulfur	105,00	15,49800
poliuretà	65,20	9,58440
pols marbre	7,00	0,63000
pols quarç	7,00	0,63000
pols seca polivalent	100,00	14,76000
porcellana	27,10	2,03000
PVC	70,00	10,33375
quitrà	10,00	1,47000
resina epoxi	93,00	13,72680
resina sintètica	93,00	13,72680
silicona	113,00	16,67880
sulfat de magnesi	20,00	2,94000
suro aglomerat	3,94	0,23640
tauler aglomerat	25,80	1,52957
tauler de partícules de fusta	15,00	1,35000
tauler de partícules fusta xapada	18,90	1,70100
terratzo	2,30	0,21620
terratzo rentat àcid	10,00	0,94000
vermiculita expandida	4,53	0,13590
vernís	100,00	14,76000
vidre	15,90	0,93726
vidre cel.lular	13,90	1,04250
vidre reflector	16,25	0,95789
vidre trempat	26,20	1,54442
vidre vitroceràmica	21,10	1,25000
vinil	80,00	11,81000
zinc	65,00	6,36395

Figura 5.32. “Consumo energético y emisiones de CO₂ por materiales en su proceso de fabricación”

Fuente: Miembros del ITeC.

La tabla expuesta presenta los valores del consumo energético, expresado en MJ/kg y emisiones de CO₂, en kgCO₂/kg, de los principales materiales de construcción en su proceso de fabricación, hasta la puerta de la fábrica.

Dado que el listado tomado como fuente de información medioambiental no coincide con nuestro listado de CBMs representativos de la muestra, constituido por trescientos sesenta y siete elementos, es necesario adaptar la información disponible a la obtenida mediante el desarrollo de las etapas anteriores.

La estructura planteada para ello consiste en definir una Imagen de Referencia, que identifique el MCH en Sevilla y un conjunto de reglas que nos permitan adaptar la información disponible a nuestra Imagen de Referencia.

La Imagen de Referencia tomada como base ha sido definida mediante la subetapa anterior (3.2), la Matriz de Valores estadísticos: Valores relativos, constituida por los CBMs representativos del MCH en Sevilla y los valores medios que representan al conjunto de los diez proyectos estudiados.

La Imagen de Referencia es por tanto:

CODIGO	CBMs	Media	Intervalo	
AA9NNNNk_a	CBM_a	R*_a	R_amin	R_amax
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk_s	CBM_s	R*_s	R_smin	R_smax
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk_z	CBM_z	R*_z	R_zmin	R_zmax
TOTAL		R*		

Figura 5.33. "Imagen de Referencia: Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos"

Donde:

k_s = Es el código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra al que acompaña.

R_s^* = El valor medio correspondiente al peso/m² construido del CBM “s”.

R_{smin} = El valor mínimo correspondiente al CBM “s” del proyecto “p”.

R_{smax} = El valor máximo correspondiente al CBM “s” del proyecto “p”.

Total = $\sum_s R_s^*$ (s = a, ..., z)

En esta etapa 3.3. debemos definir el conjunto de reglas que permitan enlazar los CBMs que constituyen la Imagen de Referencia con la Base de Datos Medioambientales del ITeC, de la que tomaremos la información relacionada con el consumo energético y emisiones de CO₂ de los materiales de construcción especificados; esto es, tomaremos los “inputs” que, después de ser transformados se convertirán en “outputs” para nutrir a la etapa siguiente de la metodología (etapa 4), donde tiene lugar la “Cuantificación del Consumo Energético y Emisiones de CO₂ del MCH en Sevilla”, fin último de nuestra investigación.

La estrategia llevada a cabo para transformar los “inputs” en “outputs” consiste en analizar las características físico-químicas del conjunto de variables, concretando la estructura de constitución de cada CBM; esto es, la materia prima que conforma el material de referencia, lo que nos permitirá establecer un conjunto de hipótesis que nos permita asignar los valores medioambientales disponibles considerados equivalentes.

Las hipótesis establecidas son las siguientes:

Hipótesis 1: Componentes básicos materiales constituidos por materia prima pura. Esta hipótesis será de aplicación para aquellos componentes básicos materiales representativos en los que puedan identificarse fácilmente la materia prima pura que los constituye. En este caso los valores correspondientes para el consumo energético y las emisiones de CO₂ asignados de la fuente de información medioambiental disponible son los correspondientes a dicha materia prima pura.

Ejemplo: En los sanitarios de chapa de acero esmaltado, CBM representativo de la muestra en la Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos, se puede identificar con claridad la materia prima que lo constituye, el acero esmaltado. A la vista del listado de información medioambiental disponible especificado en la figura 5.32. existe el acero esmaltado, concretamente aparece como “acer esmaltat”, donde los valores correspondientes al consumo energético son de 38,80 MJ/kg y 3,80659 kgCO₂/kg de material; por lo que serán éstos los valores asignados a nuestro CBM.

Hipótesis 2: Componentes básicos materiales mixtos con prevalencia de uno de sus materiales constitutivos en su composición química. Es de aplicación en aquellos casos en los que al desglosar los Componentes Básicos Materiales representativos de la muestra, correspondientes a la Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos, en sus elementos constitutivos, uno de ellos prevalece en peso sobre los demás. En este caso los valores medioambientales asignados a dicho CBM es el del elemento más relevante, no considerándose el de menor entidad.

Ejemplo: El CBM representativo de la muestra en la Imagen de Referencia es el acumulador 1000 l pvc ref, el componente material predominante es el PVC, pese a conocer que está constituido por otros elementos, éstos no son considerados relevantes, por lo que se desestima la aplicación de sus valores medioambientales. En consecuencia se asignan los valores medioambientales correspondientes al PVC; esto es, en el listado de valores medioambientales del ITeC “PVC” con 70,00 MJ/kg para el consumo energético y 10,33375 kgCO₂/kg para las emisiones de CO₂.

Hipótesis 3: Componentes básicos materiales mixtos puros. Son aquellos CBMs constituidos a lo sumo por dos materias primas diferentes. En esta hipótesis le serán de aplicación los valores medioambientales correspondientes a cada uno de los elementos constitutivos del componente básico material, en el mismo porcentaje en que intervienen en su peso.

Ejemplo: El CBM representativo de la muestra en la Imagen de Referencia es el acero en perfiles laminados, los componentes constitutivos son el acero laminado y la imprimación antioxidante, el primero constituye el 90% del peso y el segundo interviene con un 10%.

En este caso se descompone el CBM en sus elementos constitutivos, el acero laminado y la imprimación antioxidante y se toman independientemente los valores medioambientales correspondientes a cada uno de ellos en la misma proporción en la que intervienen en su peso; esto es:

El “acer laminat” cuenta con un consumo energético de 35,00 MJ/kg y unas emisiones de CO₂ de 2,80000 kgCO₂/kg, dado que constituye el 90% de la materia prima que conforman los perfiles laminados, los valores medioambientales correspondientes al consumo energético serán el 90% de 35,00 MJ/kg = 31,50 MJ/kg y los correspondientes a las emisiones de CO₂ de 90% de 2,80000 kgCO₂/kg = 2,52000 kgCO₂/kg.

En cuanto a la “imprimación antioxidante”, que cuenta con un consumo energético de 100,00 MJ/kg y unas emisiones de CO₂ de 14,76000 kgCO₂/kg, los valores medioambientales correspondientes al consumo energético serán el 10% de 100,00 MJ/kg = 10,00 MJ/kg y los correspondientes a las emisiones de CO₂ de 10% de 14,76000 kgCO₂/kg = 1,47600 kgCO₂/kg.

Para obtener los porcentajes en peso de los elementos descompuestos se realiza un proceso similar al realizado para la determinación del Coeficiente de transformación “Ct” desarrollado en la etapa 2 de la metodología. Una vez conocidos exhaustivamente los elementos básicos materiales en los que se descompone cada CBM mixto puro, para obtener los porcentajes de cada uno de ellos en relación con el peso total del Componente Básico Material representativo de la muestra se acude a tres tipos de fuentes de información:

Fuente 1: Cuantía geométrica mínima. El peso de cada elemento constitutivo del CBM mixto se obtiene mediante la aplicación de la cuantía geométrica mínima.

Ejemplo: Vigüeta semirresistente pretensada, constituida por acero en un 5,21% del peso de la vigüeta y hormigón prefabricado en un 94,79%.

Fuente 2: Muestra pesada en báscula. Se pesa en báscula en el lugar de suministro cada elemento en que se subdivide el CBM mixto de referencia.

Ejemplo: Membrana de betún modif. alm. arm. polietileno de 4.0 mm., se descompone en betún asfáltico en un 97,71% y polietileno en un 2,29% del peso total.

Fuente 3: Información comercial. El peso de cada elemento constitutivo del CBM referenciado se obtiene mediante la información facilitada por catálogos comerciales de los productos a través de internet.

Ejemplo: panel de cartón-yeso con relleno celular, descompuesto en cartón yeso con un 75,89% del peso total y lana de roca en un 24,11 %.

Hipótesis 4: Componentes básicos materiales equivalentes. Esta hipótesis se aplica en aquellos CBMs representativos de la muestra cuyas características físico-químicas no se definan expresamente tanto en la Matriz de la que forman parte como en los epígrafes de las mediciones de los proyectos de ejecución de los que proceden. En este caso suponemos que la materia prima que lo constituye es un material equivalente en el listado de valores medioambientales del ITeC del que tomamos sus valores de consumo energético y emisiones de CO₂.

Ejemplo: Un tensor metálico, suponemos que la materia prima que lo constituye es el acero y en consecuencia los valores medioambientales que le serán asignados son los correspondientes al acero, “acer” en el listado del ITeC; esto es un consumo energético de 35,00 MJ/kg y unas emisiones de CO₂ de 2,80000 kgCO₂/kg.

Hipótesis 5: Componentes básicos materiales no relevantes para la investigación. Los componentes básicos materiales cuya descomposición en sus elementos constitutivos no aporten una información medioambiental relevante, regresan a formar parte de la muestra original, la obtenida en la subetapa 2.3. Del mismo modo que los componentes básicos materiales eliminados en el proceso llevado a cabo en la subetapa anterior, estos componentes no son eliminados de la muestra sino que se supone que se comportan como la media.

Ejemplo: Alimentador / amplificador de 12 tomas. Están constituidos en numerosos filamentos y materiales de diferente composición físico-química, donde ninguno de ellos prevalece sobre los demás. En este caso no son tenidos en cuenta sino que regresan a formar parte de la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), suponiendo que tales Componentes Básicos Materiales se comportan igual que la media.

Los resultados obtenidos se agrupan en la denominada Matriz de equivalencias de datos medioambientales (E), donde se recogen los valores medioambientales correspondientes al consumo energético, expresados en MJ/kg y emisiones de CO₂, expresados en kgCO₂/kg correspondientes a cada CBM representativo de la muestra definido en la subetapa 3.2.

Esta matriz informativa que constituye a su vez una Base de Datos propia de información medioambiental correspondiente a los CBMs representativos del MCH en Sevilla, presenta la configuración siguiente:

H _i	CBMs REPRESENTATIVOS DEL MCH DEFINIDO	DATOS AMBIENTALES		
		CONSUMO MJ/kg	EMISIONES kgCO ₂ /kg	EQUIVALENCIAS DE CBMs
H _{1,a}	CBM _a	(MJ/kg) CBM _a	(kgCO ₂ /kg) CBM _a	Material ~CBM _a
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1	Ej: MANGUETÓN PVC Ø _{medio} MM.	70,00	10,33375	PVC
3	Ej: VIGUETA AUTORRESISTENTE PRETENSADA	35,00	2,80000	ACERO (5,80%)
		2,30	0,21850	HORMIGÓN PREFABRICADO(94,20%)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
H _{1,z}	CBM _z	(MJ/kg) CBM _z	(kgCO ₂ /kg) CBM _z	Material ~CBM _z

Figura 5.34. "Matriz de equivalencias de datos ambientales"¹⁰

¹⁰ Los valores correspondientes al consumo energético y emisiones de CO₂ son los utilizados como base para desarrollar el módulo 7: Gestión medioambiental del banco BEDEC elaborado por el ITeC.

Donde las columnas de la matriz muestran la siguiente información:

C_1 = Columna donde se especifica la hipótesis (H_i) aplicada al Componente Básico Material (CBM) al que acompaña, para la asignación de las equivalencias de datos ambientales correspondientes al consumo energético y emisiones de CO_2 señalados. Siendo $i= 1,2,3,\dots,5$.

C_2 = Columna donde se representan los (CBMs) representativos del Modelo Constructivo Habitual (MCH) definido en Sevilla, por orden alfabético.

C_3 = Columna correspondiente a los valores del consumo energético asignado al CBM al que acompaña, expresado en MJ/kg.

C_4 = Columna correspondiente a los valores de las emisiones de CO_2 asignado al CBM al que acompaña, expresado en $kgCO_2/kg$.

C_5 = Columna correspondiente al material constructivo del listado de valores medioambientales del ITeC equivalente al CBM especificado en la C_1 .

La Matriz de equivalencias de datos medioambientales (E), queda recogida de forma pormenorizada en el anexo XII, donde se especifican las hipótesis establecidas y su aplicación a los Componentes Básicos Materiales representativos de la muestra.

Esta etapa de la metodología ha seguido un camino paralelo hasta el momento para la determinación del consumo energético y las emisiones de CO_2 correspondientes a cada uno de los Componentes Básicos Materiales representativos de la muestra.

El objetivo planteado en este nivel 3 es la determinación por material del consumo energético y las emisiones de CO_2 , por lo que para su consecución la subetapa 3.3. se subdivide a su vez en los apartados siguientes:

3.3.A. Consumo energético por material.

3.3.B. Emisiones de CO_2 por material.

ETAPA 3.3.A: Consumo energético por componente básico material.

La suma de los valores medioambientales de aquellos materiales considerados equivalentes, asignados mediante las hipótesis realizadas en la subetapa 3.3. a cada uno de los componentes básicos materiales de la muestra, determinará el consumo energético derivado de la fabricación de los mismos, expresados en MJ/kg para cada uno de los componentes básicos materiales representativos de la muestra.

Ejemplo: Una vigueta autorresistente pretensada se descompone en acero (5,80%) y hormigón prefabricado (94,20%), con lo que el cálculo de los valores medioambientales correspondientes al consumo energético sería el siguiente:

$$\text{Consumo energético} = 5,80\% \times 35,00 \text{ MJ/kg} + 94,20\% \times 2,30 \text{ MJ/kg} = 4,1966 \text{ MJ/kg.}$$

ETAPA 3.3.B: Emisiones de CO₂ por componente básico material.

Siguiendo el mismo proceso que en la subetapa 3.3.A; esto es sumando los valores medioambientales de aquellos materiales considerados equivalentes, asignados mediante las hipótesis realizadas en la subetapa 3.3 a cada uno de los CBMs de la muestra, determinaremos las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de cada uno de ellos, expresadas en kgCO₂/kg para cada uno de los componentes básicos materiales definidos como representativos del MCH en Sevilla.

Ejemplo: Siguiendo el mismo ejemplo planteado en el apartado 3.3.A, una vigueta autorresistente pretensada se descompone en acero (5,80%) y hormigón prefabricado (94,20%), con lo que el cálculo de los valores medioambientales correspondientes a las emisiones de CO₂ sería el siguiente:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = 5,80\% \times 2,80000 \text{ kgCO}_2/\text{kg} + 94,20\% \times 0,21850 \text{ kgCO}_2/\text{kg} = 0,36582 \text{ kgCO}_2/\text{kg}$$

Los resultados de ambos apartados quedan recogidos en la Matriz de Datos Ambientales (DA) del MCH en el anexo XIII y presenta la forma siguiente:

CODIGO	CBMs REPRESENTATIVOS DEL MCH	CONSUMO ENERGÉTICO MJ/kg	EMISIONES DE CO₂ kgCO₂/kg
AA9NNNNk _a	CBM _a	(MJ/kg) CBM _a	(kgCO ₂ /kg) CBM _a
⋮	⋮	⋮	⋮
IF22700k	Ej: MANGUETÓN PVC Ø _{medio} MM.	70,00	10,33375
CV00200k	Ej: VIGUETA AUTORRESISTENTE PRETENSADA	4,1966	0,36582
⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _z	CBM _z	(MJ/kg) CBM _z	(kgCO ₂ /kg) CBM _z

Figura 5.35. "Matriz de Datos Ambientales del MCH"

Donde las columnas muestran la siguiente información:

$C_1 = \boxed{A} \boxed{A} \boxed{9} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} k_s$ = Los códigos correspondientes a los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos de la muestra al que acompañan.

C_2 = Columna donde se representan los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos del Modelo Constructivo Habitual (MCH) definido en Sevilla, por orden alfabético.

C_3 = Columna correspondiente a los valores del consumo energético para el CBM específico al que acompaña, obtenido mediante la aplicación de las hipótesis anteriores, expresado en MJ/kg.

C_4 = Columna correspondiente a los valores de las emisiones de CO₂ para el CBM específico al que acompaña, obtenido mediante la aplicación de las hipótesis anteriores, expresado en kgCO₂/kg.

Conclusiones etapa 3

En esta etapa se obtiene la Base de Datos necesaria para el desarrollo de la etapa 4 de la metodología, constituida por un listado de CBMs representativos de la ejecución del Modelo Constructivo Habitual (MCH) en Sevilla, definidos por los parámetros estadísticos que caracterizan variables cuantitativas, el peso por m² construido, como son la media aritmética de los valores centrales del recorrido de las variables y los extremos máximos y mínimos del mismo. Esta Base de Datos se completa con la Base de Datos ambientales del MCH, donde se especifican los valores correspondientes al consumo energético producido en la fabricación de cada CBM representativo de la muestra, expresado en MJ/kg y las emisiones de CO₂ producidas en su proceso de fabricación, expresadas en KgCO₂/kg.

ETAPA 4. Con la determinación de la Imagen de Referencia del Modelo Constructivo Habitual (MCH) en Sevilla y la creación de la Base de Datos medioambientales específica para los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos del MCH, hemos concluido la etapa 3 (E3) de la metodología y alcanzado los objetivos expuestos en el nivel 3 de la estructura jerarquizada planteada en la figura 3.1.: La determinación del consumo energético y las emisiones de CO₂ de los CBMs representativos del MCH, cuyos datos se expresan en MJ/kg y kgCO₂/kg respectivamente.

Este avance nos sitúa en condiciones óptimas para acometer la cuarta y última etapa de la metodología (E4), y con ella el objetivo principal de la presente tesis doctoral, planteado en el nivel 4, la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ que se producen en el modelo de edificación definido en la etapa 1 (E1), la construcción de Viviendas de Protección Oficial en Sevilla, consecuencia de los procesos productivos desarrollados en su construcción.

Para lograrlo será necesario el desarrollo pormenorizado de la subetapa: E.4.1 desglosada a su vez en los apartados: E.4.1.A: Consumo por m² construido y E.4.1.B: Emisiones por m² construido y la subetapa E.4.2: Coeficientes de relación entre Imágenes, que nos conducirá hacia el objetivo principal.

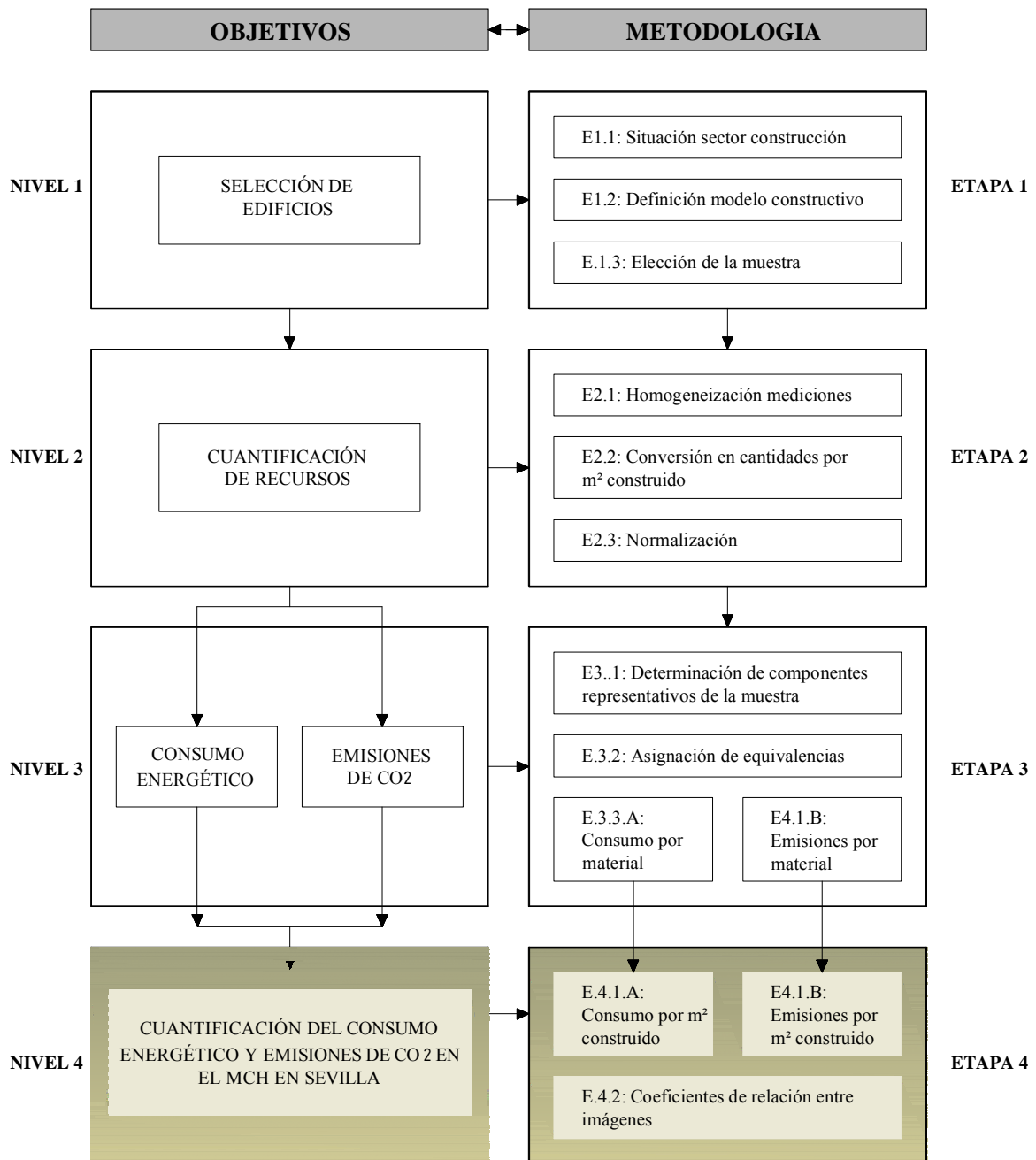


Figura 5.36. “Esquema metodológico etapa 4”

Para lograr nuestro objetivo disponemos de las siguientes herramientas:

Imagen Original del MCH. Fruto de la normalización en peso por m^2 construido de los recursos materiales consumidos en el MCH en Sevilla, obtenida en la subetapa (E.2.3) de la metodología y cuyos resultados, expresados en kg/m^2 construido, se recogen en la denominada Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), constituida por todos los CBMs consumidos en la ejecución de los diez proyectos que constituyen la muestra objeto de estudio, de características tipológicas y constructivas similares a las que identifican el MCH en Sevilla.

Imagen de Referencia del MCH en Sevilla. Constituida por los componentes básicos materiales representativos de la muestra, caracterizados por la media aritmética y los límites del intervalo intercuartílico: mínimo y máximo, expresados en kg/m^2 construido. Sus datos se configuran en la Matriz Derivada de CBMs representativos (R) obtenida en la subetapa (E.3.1) de la metodología.

Base de Datos medioambientales específica del MCH. Es la Base de Datos creada en la subetapa (E.3.3) de la metodología, donde se recogen los valores medioambientales relacionados con el consumo energético, expresados en MJ/kg y las emisiones de CO_2 , expresadas en $kgCO_2/kg$, para los CBMs representativos del MCH que constituyen la denominada Imagen de Referencia del MCH, recogidos en la Matriz de Datos Ambientales del MCH (DA).

Así pues, teniendo como premisa los datos obtenidos mediante el desarrollo de las etapas precedentes de la metodología, se pretende en esta cuarta etapa cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO_2 del MCH en Sevilla, trasladando los datos medioambientales obtenidos para cada CBM que configuran la Imagen de Referencia del MCH, a la Imagen Original del modelo para convertirlos en MJ/m^2 construido y $kgCO_2/m^2$ respectivamente, de manera que puedan utilizarse como patrón para la comparación de tipologías constructivas diferentes a la estudiada.

Proceso explicado con detalle en cada una de las subetapas siguientes:

ETAPA 4.1. Consumo energético y emisiones de CO₂ por m² construido.

Con las herramientas citadas disponemos de los elementos necesarios para cuantificar en esta etapa el consumo energético y las emisiones de CO₂ en la Imagen de Referencia del MCH, multiplicando los valores obtenidos para el consumo energético y emisiones de CO₂ de cada CBM representativo del MCH, por el peso medio por m² construido de cada uno de ellos, obtenido en la etapa E.2.3, expresando los resultados en MJ/m² para el consumo energético y en kgCO₂/m² para las emisiones de CO₂.

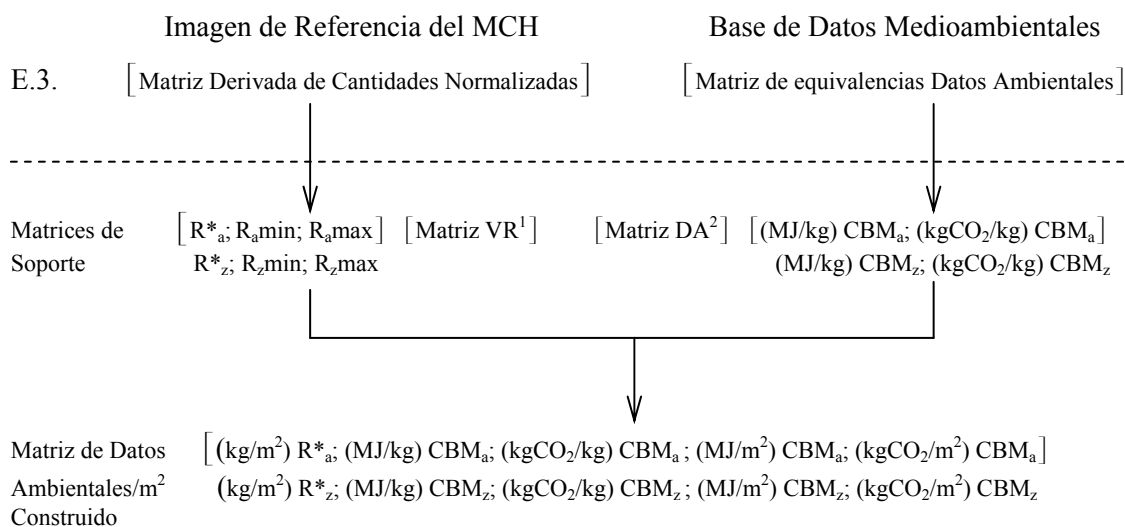
La organización de esta subetapa se apoya en dos elementos básicos: una estructura conectada con las Bases de Datos desarrolladas en subetapas anteriores (medioambientales y de pesos de cada CBM de la muestra) y las Matrices de Soporte de los valores calculados, siendo éstas las siguientes:

Matriz de Datos Ambientales del MCH que contienen los resultados de cálculo del consumo energético, expresado en MJ/kg, y las emisiones de CO₂, expresadas en kgCO₂/kg, para los CBMs representativos del MCH, determinados en la subetapa (E.3.1.A y B respectivamente), que constituyen la Base de Datos Medioambientales del MCH,

La Matriz de Valores Relativos que contiene los valores que caracterizan el perfil de la Imagen de Referencia del MCH, definida en la Matriz Derivada de Cantidades Normalizadas, determinadas en la etapa E.3.

A partir de las Matrices de Soporte anteriores crearemos la Matriz de Datos Ambientales del MCH por m² construido, cuya estructura será común a las desarrolladas hasta el momento, sus filas representan los CBMs del MCH y sus columnas los parámetros estadísticos que definen su perfil y los valores medioambientales asociados.

El proceso realizado sigue el esquema siguiente:



Esquema que desarrollado presenta la siguiente estructura:

La Matriz Soporte que define el perfil y las fronteras de la Imagen de Referencia, es la Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos, cuya composición recordemos era:

CODIGO	CBMs	Media	Intervalo	
AA9NNNNk _a	CBM _a	R* _a	R _a min	R _a max
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _s	CBM _s	R* _s	R _s min	R _s max
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _z	CBM _z	R* _z	R _z min	R _z max
TOTAL		R*		

Figura 5.37. "Imagen de Referencia: Matriz de Valores Estadísticos: Valores relativos"

¹ VR = Valores Relativos.

² DAIR = Datos Ambientales.

Donde:

$\boxed{A} \boxed{A} \boxed{9} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N} \boxed{N}$ k_s = Código correspondiente al Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra al que acompaña.

R_s^* = Valor medio correspondiente al peso/m² construido del CBM “s”.

$R_{s\min}$ = Valor mínimo correspondiente al CBM “s” del proyecto “p”.

$R_{s\max}$ = Valor máximo correspondiente al CBM “s” del proyecto “p”.

Total = $\sum_s R_s^*$ (s = a, ..., z)

La Matriz Soporte de Datos Medioambientales de la Imagen de Referencia, presentaba el desarrollo siguiente:

CODIGO	CBMs REPRESENTATIVOS DEL MCH	CONSUMO ENERGÉTICO MJ/kg	EMISIONES DE CO₂ kgCO₂/kg
AA9NNNNk _a	CBM _a	(MJ/kg) CBM _a	(kgCO ₂ /kg) CBM _a
⋮	⋮	⋮	⋮
IF22700k	Ej: MANGUETÓN PVC Ø _{medio} MM.	70,00	10,33375
CV00200k	Ej: VIGUETA AUTORRESISTENTE PRETENSADA	4,1966	0,36582
⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _z	CBM _z	(MJ/kg) CBM _z	(kgCO ₂ /kg) CBM _z

Figura 5.38. "Base de Datos Ambientales del MCH"

Donde las columnas muestran la siguiente información:

$C_1 = \begin{bmatrix} A & A & 9 & N & N & N & N \end{bmatrix} k_s =$ Los códigos correspondientes a los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos de la muestra al que acompañan.

$C_2 =$ Columna donde se representan los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos del Modelo Constructivo Habitual (MCH) definido en Sevilla, por orden alfabético.

$C_3 =$ Columna correspondiente a los valores del consumo energético para el CBM específico al que acompaña, obtenido mediante la aplicación de las hipótesis anteriores, expresado en MJ/kg.

$C_4 =$ Columna correspondiente a los valores de las emisiones de CO_2 para el CBM específico al que acompaña, obtenido mediante la aplicación de las hipótesis anteriores, expresado en $kgCO_2/kg$.

Dado que ambas Matrices fueron determinadas en etapas anteriores a fin de proporcionar una Base de Datos para la etapa actual, partiendo de la información contenida en las mismas procederemos a configurar la denominada Matriz de Datos Ambientales de la Imagen de Referencia (DAIR) por m^2 construido, donde las filas representan los CBMs representativos del MCH, las tres primeras columnas representan los datos estadísticos y medioambientales proporcionados por las Matrices de Soporte y que servirán de “inputs” para, una vez transformados los datos tomados como base, obtener los “outputs” objetivos de la presente subetapa; esto es, el consumo energético y las emisiones de CO_2 por m^2 construido para cada CBM representativo del MCH.

La nueva Matriz, recogida en el anexo XIV presenta la configuración siguiente:

CODIGO	CBMs REPRESENTATIVOS DEL MCH	CONSUMO POR CBM	EMISIONES POR CBM	PESO MEDIO	CONSUMO POR M ²	EMISIONES POR M ²
		MJ/kg	kgCO ₂ /kg	kg	MJ/m ²	kgCO ₂ /m ²
AA9NNNNk _a	CBM _a	CE _a	E _a	R* _a	CEC _a	EC _a
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _s	CBM _s	CE _s	E _s	R* _s	CEC _s	EC _s
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AA9NNNNk _z	CBM _z	CE _z	E _z	R* _z	CEC _z	EC _z
TOTALES				R*	CEC	EC

Figura 5.39. “Matriz de Datos Ambientales de la Imagen de Referencia del MCH por m² construido”

Donde:

CE_s = Consumo Energético del CBM_s, en MJ/kg de material.

E_s = Emisiones de CO₂ del CBM_s, en kgCO₂/kg de material.

R_s* = Peso medio, en kg/m² construido, del CBM “s” que representa la muestra de los diez proyectos estudiados.

CEC_s = Consumo Energético por m² construido correspondiente al CBM_s, en MJ/m² construido en el MCH definido. Los valores expresados en sus columnas son el resultado de multiplicar los valores medios correspondientes al peso por m² construido del CBM “s” por el respectivo valor del consumo energético producido en la fabricación del CBM específico “s” al que acompaña, expresado en MJ/m². Esto es siguiendo la fórmula:

$$CEC_s = CE_s \times R^*_s$$

EC_s = Emisiones de CO₂ por m² construido correspondiente al CBM_s, expresadas en kgCO₂/m² construido en el MCH definido. Los valores expresados en dicha columna son el resultado de

multiplicar los valores medios correspondientes al peso por m² construido del CBM “s” por el respectivo valor de las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación del CBM específico “s” al que acompaña, expresado en kgCO₂/m². La fórmula es la siguiente:

$$EC_s = E_s \times R^*_s$$

La información que nos proporciona la matriz obtenida es la siguiente:

Cada fila “i” de la matriz recoge toda la información relacionada con cada uno de los CBM más representativos del MCH, en relación con el peso medio por m² construido, las emisiones de CO₂ por kg de material y por m².

Para completar la información, la última fila contiene los siguientes valores totales correspondientes al MCH definido:

$$\text{Total } \mathbf{R}^* = \sum_s \mathbf{R}^*_s \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Total } \mathbf{CEC} = \sum_s \mathbf{CEC}_s \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Total } \mathbf{EC}_s = \sum_s \mathbf{EC}_s \quad (s = a, \dots, z)$$

El concepto “total” recoge los siguientes valores, correspondientes a los CBMs más representativos empleados en la ejecución del MCH:

- kg por m² construido de los CBMs más representativos consumidos en la ejecución del MCH.
- Consumo energético por m² construido producido en la ejecución del MCH, derivado de la fabricación de los citados CBMs definidos como representativos.
- Emisiones de CO₂ que se producen en la ejecución del MCH, consecuencia del proceso de fabricación de los CBMs más representativos utilizados.

Mediante el proceso anterior se ha determinado para cada CBM de la Imagen de Referencia el consumo energético y las emisiones de CO₂ por m² construido, lo que podemos expresar de manera independiente en los subapartados siguientes:

4.1.A. Consumo energético por m² construido y material.

4.1.B. Emisiones de CO₂ por m² construido y material.

ETAPA 4.1.A: Consumo energético por m² construido.

El consumo energético por m² construido correspondiente a cada CBM representativo del MCH que constituyen su Imagen de Referencia, es el producto resultante tras multiplicar los valores medios correspondientes al peso por m² construido de cada CBM, expresado en kg/m², por el valor correspondiente al consumo energético producido en su fabricación, expresado en MJ/kg. Los resultados obtenidos se expresan por tanto en MJ/m². La fórmula planteada para ello es la siguiente:

$$CEC_s = CE_s \times R^*_s$$

Siguiendo con el mismo ejemplo propuesto en la subetapa 3.3.A donde obteníamos el consumo energético por material, obtuvimos que para una vigueta autorresistente pretensada su consumo energético era de 4,1966 MJ/kg, teniendo en cuenta que su peso medio en la muestra es de 0,286 kg/m², determinaremos que su consumo energético por m² es el siguiente:

$$\text{Consumo energético por m}^2 \text{ construido} = 0,286 \text{ kg/m}^2 \times 4,1966 \text{ MJ/kg} = 1,2002 \text{ MJ/m}^2.$$

ETAPA 4.1.B: Emisiones de CO₂ por m² construido.

Si llevamos a cabo el mismo proceso para el cálculo de las emisiones de CO₂ por m² construido en este subapartado, multiplicando los valores medios correspondientes al peso por m² construido de cada CBM, expresado en kg/m², por el valor correspondiente a las emisiones de CO₂, expresadas en kgCO₂/kg, determinaremos las emisiones de CO₂ derivadas de su proceso de fabricación por m² construido, expresados en kgCO₂/m², para cada uno de los componentes básicos materiales representativos de la muestra. Esto es:

$$EC_s = E_s \times R^*_s$$

Ejemplo: Las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de una vigueta autorresistente pretensada era de 0,36582 kgCO₂/kg, a la vista de los resultados obtenidos en la subetapa 3.3.B de la metodología. Si conocemos que su peso medio en la muestra es de 0,286 kg/m², las emisiones de

CO₂ derivadas de su proceso de fabricación son las siguientes:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = 0,286 \text{ kg/m}^2 \times 0,36582 \text{ kgCO}_2/\text{kg} = 0,10462 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2.$$

En la presente subetapa hemos determinado tanto el consumo energético como las emisiones de CO₂ de la Imagen de Referencia del MCH, pero el objetivo principal de la presente tesis doctoral es la cuantificación de los citados indicadores medioambientales en la Imagen Original del Modelo; esto es, en la construcción de Viviendas de Protección Oficial en Sevilla y no en una muestra representativa de la misma, lo que tendrá lugar mediante el desarrollo de la siguiente subetapa.

ETAPA 4.2: Coeficientes de Relación entre Imágenes.

Una vez definida en la subetapa anterior (E.4.1) la Imagen de Referencia (IR) del Modelo Constructivo Habitual (MCH) en las dimensiones correspondientes al consumo energético y las emisiones de CO₂ para cada uno de los Componentes Básicos Materiales (CBMs) representativos del MCH, en esta subetapa (E.4.2) se pretende establecer una estrategia de cálculo que nos permita conocer el consumo energético y las emisiones de CO₂ de la totalidad de CBMs que constituyen la Imagen Original del Modelo (IO).

La estrategia planteada para lograr nuestros objetivos consiste en superponer los perfiles correspondientes a la Imagen Original del MCH y su Imagen de Referencia, definidos mediante la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN) y la Matriz Derivada de Cantidades Normalizadas (R), cuyos datos conocidos en ambas matrices expresan el peso medio por m² construido de cada CBM de la muestra que constituye el MCH; situando la Imagen de Referencia sobre la Imagen Original del MCH de la que procede, a fin de calcular la distancia (δ) que separa el MCH del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia.

Este proceso permite evaluar y verificar el cálculo realizado hasta el momento, dado que si la IR del MCH se obtiene de la IO del modelo mediante la aplicación de un conjunto de criterios, definidos en la subetapa (E.3.1.b) de la metodología, entre los que se incluyen la eliminación de los CBMs denominados elementos marginales de la muestra, al considerarlos no representativos del MCH aceptando la hipótesis de que se comportaban como la media, en base a la aplicación del

Intervalo Intercuartílico³ planteado en la subetapa (E.3.1), la distancia (δ) es conocida, correspondiéndose con el vacío de información existente debido al peso medio por m² construido de aquellos CBMs que han sido eliminados.

Si con la aplicación del intervalo intercuartílico al proceso, aceptábamos que el rango definido por sus valores extremos (mínimo y máximo), recogía el 80% de los valores centrales del recorrido de las variables en relación con el peso medio por m² construido, expresado en kg/m², de cada CBM de la muestra que definía el MCH en la IO del modelo, debe verificarse que la distancia (δ) es menor o igual al 20%, cumpliéndose por lo tanto la relación siguiente:

$$\delta = (R^*/R) \times 100 < 20 \%$$

Donde:

δ = Distancia entre la Imagen Original del MCH y su Imagen de Referencia.

R^* = Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

R = Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs del MCH en la Imagen Original.

Lo que gráficamente⁴ se representa en el siguiente ejemplo:

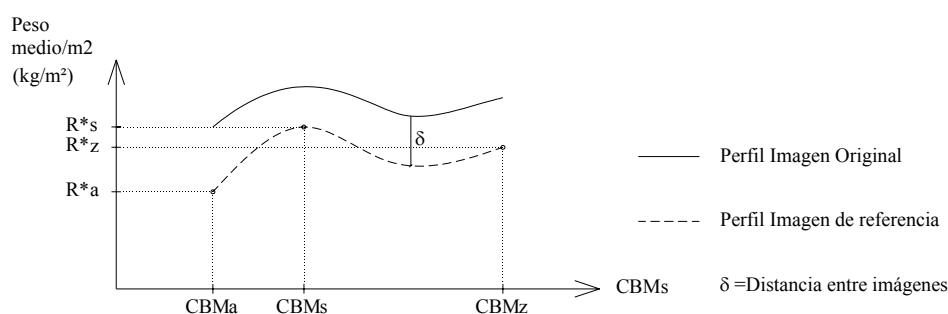


Figura 5.40. “Distancia (δ) entre imágenes”

³ Recordemos que en nuestro caso se optaba por eliminar tan solo dos extremos, máximo y mínimo de la muestra por lo que el intervalo intercuartílico que recoge el 75% de los valores centrales del recorrido de las variables resultaba en nuestro caso del 80%.

⁴ Los perfiles dibujados no se corresponden con los valores reales obtenidos, sólo se construyen para aclarar el concepto seguido en el desarrollo de la metodología para obtener los objetivos buscados.

Una vez verificada que la distancia (δ) existente entre ambas imágenes, definida como el cociente entre los pesos medios por m² construido de cada una de ellas, quedan dentro del intervalo de confianza de la muestra acotado por los extremos mínimo y máximo del Intervalo Intercuartílico; esto significa que los resultados contenidos en la IR reflejan al menos el 80% de los valores centrales del recorrido de la variable, lo que supone la revisión y aceptación del proceso realizado hasta el momento; podemos aplicar el mismo criterio estadístico para definir la hipótesis que nos permita calcular las distancias: δ_1 y δ_2 , que separan la IR del MCH en las dimensiones correspondientes al consumo energético (δ_1) y emisiones de CO₂ (δ_2), cuyos perfiles han sido calculados en la subetapa anterior (E.4.1) de la metodología.

Como tales perfiles se han definido a partir de la IR del MCH de la matriz de pesos por m² construido y ha verificado su validez, podemos concluir que éstos contienen la información correspondiente al 80% de los CBMs del MCH en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO₂ del recorrido de las variables en sus respectivas Imágenes Originales.

En base al mismo criterio estadístico, la aplicación del intervalo intercuartílico, supondremos que el 20% de los CBMs restantes se comportan como la media. Además ese 20% debe corresponderse con la distancia δ_1 existente entre el Perfil de la IR en la dimensión del consumo energético y su respectiva IO, y la distancia δ_2 existente entre el perfil de la IR en la dimensión emisiones de CO₂ del MCH y su respectiva IO.

Las distancias δ_1 y δ_2 necesarias para construir las Imágenes Originales del MCH en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO₂ a partir de los datos conocidos correspondientes a sus respectivas Imágenes de Referencia, reciben el nombre de Coeficientes de Relación entre imágenes (CR), representando la distancia que debe existir entre la Imagen Original del MCH y el conjunto de normas contenidas en la Imagen de Referencia en las dos dimensiones deseadas, en base a la aplicación del intervalo intercuartílico definido en la subetapa E.3.2 de la metodología, cuyo cumplimiento hemos demostrado en la presente subetapa.

En definitiva, podemos decir que:

- a. El Coeficiente de Relación en la dimensión consumo energético (CRce), será el resultado de dividir el consumo energético medio y el peso medio por m² que suponen los mismos en su correspondiente IR, calculada en la subetapa E.3.2 obteniendo los resultados en MJ/kg, mediante la siguiente relación:

$$CRce = \delta_1 = CEC / R^*$$

Donde:

δ_1 = Distancia entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente Imagen Original en la dimensión del consumo energético consumido en la ejecución de los CBMs que la definen, expresada en MJ/kg.

R* = Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

- b. El Coeficiente de Relación en la dimensión emisiones de CO₂ (CRe), será el resultado de dividir las emisiones de CO₂ medias, y el peso medio por m² que suponen los mismos en su correspondiente IR calculada en la subetapa E.3.2, obteniendo los resultados en kgCO₂/kg, mediante la siguiente relación:

$$CRe = \delta_2 = EC / R^*$$

Donde:

δ_2 = Distancia entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente Imagen Original en la dimensión de las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los CBMs representativos del MCH consumidos en su ejecución, expresada en kgCO₂/kg.

R* = Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

Los valores correspondientes a CEC, EC y R*, obtenidos en la subetapa anterior, quedan recogidos en la Matriz de Datos Ambientales de la Imagen de Referencia del MCH por m² construido.

Finalmente multiplicando los valores correspondientes a cada una de las IR en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO₂ por sus respectivos Coeficientes de Relación (CR), habremos corregido la desviación existente entre las imágenes comparadas, debidas al vacío de información que supone la eliminación en la Imagen de Referencia de los CBMs marginales, con lo que podremos dar cumplimiento al objetivo principal de la presente tesis doctoral.

Lo que expresado gráficamente⁵ para aclarar el concepto resultaría:

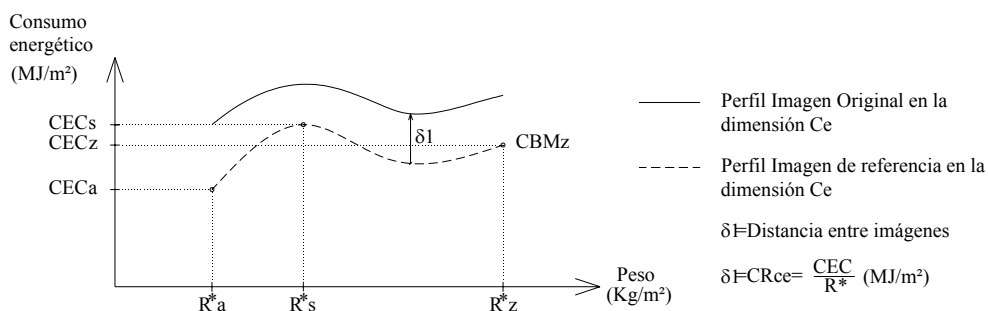


Figura 5.41. “Construcción del perfil IO en la dimensión Consumo energético a partir del perfil correspondiente a la IR y la distancia δ_1 ”

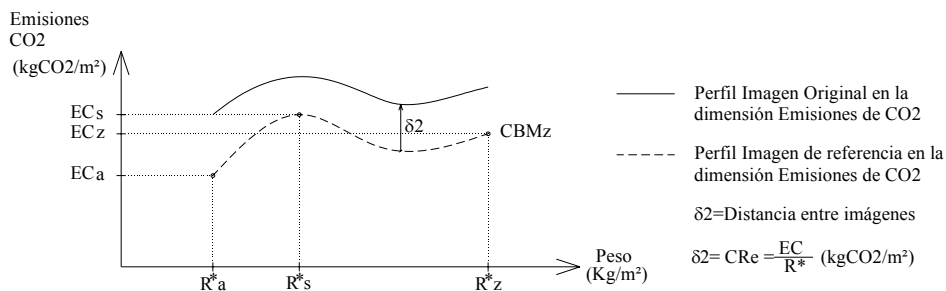


Figura 5.42. “Construcción del perfil IO en la dimensión Emisiones de CO₂ a partir del perfil correspondiente a la IR y la distancia δ_2 ”

El método empleado, la comparación de perfiles, se puede realizar mediante la superposición física de gráficos o mediante la comparación analítica de los valores que les dan forma, hemos utilizado

⁵ Los perfiles dibujados no se corresponden con los valores reales obtenidos, solo se construyen para aclarar el concepto seguido en el desarrollo de la metodología para obtener los objetivos buscados.

la vía de la comparación analítica por entender que los resultados obtenidos son más precisos. Para ello hemos utilizado:

- Las matrices que definen los perfiles de las imágenes comparadas denominadas Matrices de Soporte de los datos calculados.
- Un parámetro común entre las imágenes correspondientes al peso por m^2 construido de los CBMs de la muestra, que permite establecer una relación extrapolable a las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO_2 .
- Un indicador de medida entre imágenes que permitiese calcular la distancia entre las mismas.

Las Matrices de Soporte son datos conocidos, obtenidos en subetapas anteriores.

Para comparar los perfiles que definen la Imagen de Referencia del MCH y la Imagen Original del mismo, se decide utilizar como elemento de medida el peso medio por m^2 , expresado en kg/m^2 construido por las siguientes razones:

1. Las variables estadísticas de las matrices elegidas están referidas al peso/ m^2 construido.
2. Se dispone del peso contrastado de cada variable en el conjunto total de la muestra.
3. La influencia del peso, expresado en kg/m^2 construido, es igual para cualquiera de las dimensiones definidas; esto es, el consumo energético y las emisiones de CO_2 de los CBMs de la muestra.
4. Está afectado por los movimientos de las variables en las dos dimensiones especificadas y disponemos de la información que nos permite conocer tales movimientos.
5. Los valores que representan se han obtenido eliminando las puntas del recorrido de sus variables, por lo que representan el intervalo de confianza de la muestra.
6. Eliminan el efecto del tamaño del proyecto de ejecución estudiado al haber utilizado un indicador generalmente aceptado (SC).

De entre las diversas formas existentes para calcular una distancia⁶, hemos utilizado una combinación de los siguientes elementos para proponer un indicador de medida que nos permitiese

⁶ Contenidas en el apartado 7.3. Indicadores de distancias del trabajo realizado por el profesor Dr. D. Antonio Ramirez de Arellano Agudo en su Tesis Doctoral: La Teoría de Sistemas al Servicio del Análisis de Presupuestos de Obras.

medir la distancia entre la imagen establecida del modelo y la imagen normativa, siendo los siguientes:

- Desviación Normalizada⁷, que mide la desviación por cociente de cada variable con respecto a la norma, se obtiene dividiendo los valores de la variable; esto es, de cada CBM de la muestra en el MCH y en la Imagen de Referencia.
- Valores Relativos, que miden el peso de cada variable en el conjunto.
- Normalización en m^2 construido de los resultados finales para conseguir valores homogéneos.

El proceso seguido de forma explícita es el siguiente:

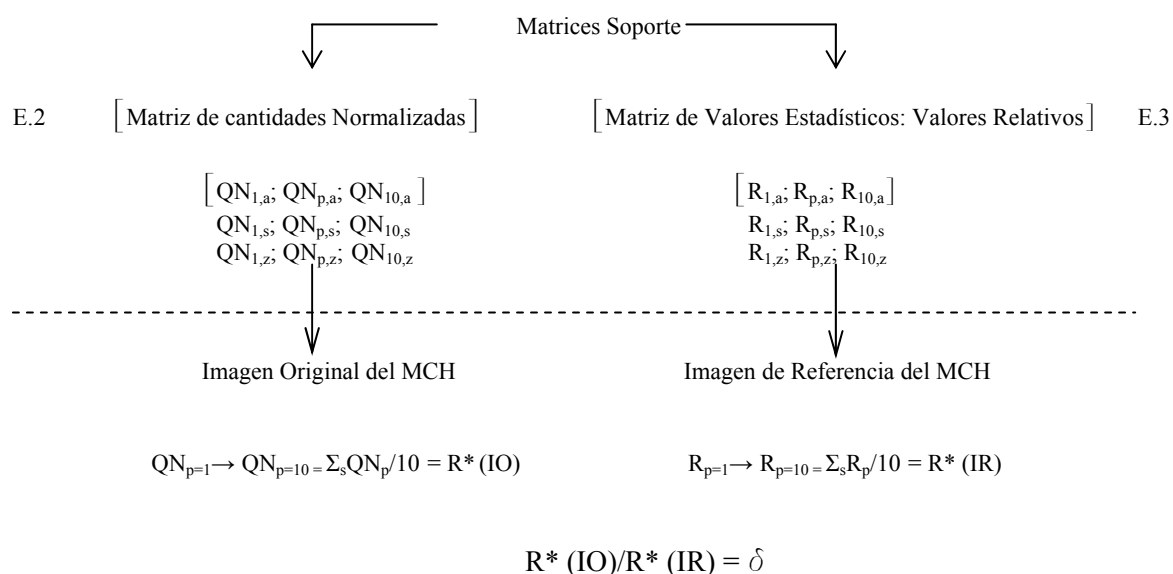
a. Relación entre los pesos medios por m^2 de la Imagen Original y la Imagen de Referencia del MCH.

En este apartado tiene lugar el cálculo de la relación existente entre los valores correspondientes a los pesos medios por m^2 de cada CBM representativo del MCH, expresado en kg/m^2 , que configuran el perfil de la Imagen Original del MCH y los valores correspondientes a los pesos medios por m^2 que configuran el perfil de la Imagen de Referencia del MCH.

El desarrollo de la vía de comparación elegida comienza con la definición analítica de los perfiles referenciados y el cálculo de la distancia entre la Imagen Original y la Imagen de Referencia del MCH, para lo que definiremos la estructura del sistema a partir de las denominadas Matrices de Soporte de los valores calculados, que nos permitirá definir los perfiles de ambas imágenes y la definición del parámetro de relación entre ambas.

El proceso realizado sigue el esquema siguiente:

⁷ Definida por el profesor Dr. D. Antonio Ramirez de Arellano como el cociente entre los valores de la variable en el proyecto y en la imagen de referencia. Se toma la expresión “normalizada” por tratarse de una forma de normalización de la variable estudiada. “La Teoría de Sistemas al Servicio del Análisis de Presupuestos de Obras.” Pg. 240.



Matrices de Soporte constituidas por:

La Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), obtenida en la etapa (E.2) de la metodología, constituida por las cantidades correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) de la muestra contenidas en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados, expresados en la misma unidad de medida, el kg/m² de superficie construida, tras el proceso denominado normalización de las cantidades originales. El resultado era una matriz de la forma:

$$QN = [QN_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra "s", ordenado por orden alfabético.

La Matriz de Valores Estadísticos: Valores Relativos (R), procedente de la Matriz Derivada de CBMs representativos del MCH, obtenida en la etapa (E.3) de la metodología mediante la

aplicación de un conjunto de normas y criterios estadísticos que nos permitía determinar los CBMs representativos del MCH y los valores que los caracterizaban, establecidos por la media aritmética y los valores mínimos y máximos definidos por el Rango Intercuartílico, sus datos estaban expresados en kg/m^2 de superficie construida, resultando una matriz de la forma:

$$R=[R_{p,s}]$$

Donde:

$p = 1, \dots, 10$. Es el número asignado a cada uno de los diez proyectos de ejecución que constituyen la muestra de estudio, siendo P_1 , el primer proyecto de ejecución, P_2 , el segundo proyecto de ejecución y así sucesivamente hasta el P_{10} , el último proyecto de ejecución que configura la muestra.

$s = a, \dots, z$. Es el Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra cuyo nombre coloquial empieza por la letra “s”, ordenado por orden alfabético.

Partiendo de tales Matrices podemos construir la Matriz que define la Imagen Original del MCH, denominándose Matriz Imagen Original (IO), a partir de la Matriz de Soporte de Cantidades Normalizadas (QN), cuya forma desglosada presenta la forma siguiente:

CODIGO	CBMs	P₁	P₂	.....	P_p	.....	P₁₀	R*_{CBM}
AANNNNk_a	CBM_a	QN_{1,a}	QN_{2,a}		QN_{p,a}		QN_{10,a}	R*_{CBMa}
.....		
AANNNNk_s	CBM_s	QN_{1,s}	QN_{2,s}		QN_{p,s}		QN_{10,s}	R*_{CBMs}
.....		
AANNNNk_z	CBM_z	QN_{1,z}	QN_{2,z}		QN_{p,z}		QN_{10,z}	R*_{CBMz}
PESO TOTAL POR PROYECTO		QN₁	QN₂		QN_p		QN₁₀	
PESO MEDIO DE LA MUESTRA		R(IO)*						

Figura 5.43. "Matriz que define el perfil de la Imagen Original del MCH"

Donde las nuevas columnas representan:

R^*_{CBM} = El peso medio por m^2 , expresado en kg/m^2 construido, de cada Componente Básico Material de la muestra origen, necesario para definir su perfil.

Y las nuevas filas representan:

Peso total de CBMs por proyecto = $\sum_s QN_{p,s}$ ($s = a, \dots, z$)

Peso medio de la muestra en la Imagen Original = $R^* (IO) = \sum_s QN_p / 10$ ($p = 1, \dots, 10$)

El concepto “total” recoge todos los valores correspondientes a los kg por m^2 construido de CBMs consumidos en cada columna de la matriz; esto es, en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados.

La última fila especifica el peso medio por m^2 construido de los CBMs consumidos en la ejecución del MCH definido por los diez proyectos que constituyen la muestra, expresado en kg/m^2 construido.

Los resultados quedan recogidos en el anexo XV.

Por otro lado, la matriz que define la Imagen de Referencia del MCH es la obtenida mediante la subetapa E.3.2 de la metodología, cuyos CBMs representativos del MCH quedan definidos en la Matriz Derivada de Componentes Básicos representativos del MCH y cuyo perfil se construye a partir de los valores recogidos en Matriz de Valores Estadísticos: Valores Relativos (R).

El artificio utilizado para determinar la distancia que separa la Imagen de Referencia del MCH de la Imagen Original del MCH, será el cálculo de la relación existente entre los pesos medios por m^2 de la Matriz que define la Imagen Original del MCH y los pesos medios por m^2 de Matriz de Valores Estadísticos: Valores Relativos, a partir de la cual se puede construir la Imagen de Referencia del MCH, quedando los resultados expresados en kg/m^2 construido, cumpliéndose la relación siguiente:

$$\delta = \sum [R^* (IO)_{p,s} / R^*_s]$$

Donde:

δ = Distancia entre la Imagen de Referencia y la Imagen Original del MCH; esto es el cociente entre el peso medio por m^2 construido de los recursos materiales consumidos en el MCH y el peso medio por m^2 construido de los recursos materiales consumidos en la muestra representativa de CBMs del MCH.

$R_s^* = \sum_s R^*_s$ ($s = a, \dots, z$). Es la media de los valores centrales del recorrido de las variables en el intervalo de confianza definido; esto es, el peso medio en kg/m^2 construido de la Matriz que define el perfil de la Imagen Original del MCH.

$R^*(IO)_{p,s} = \sum_s QN_{p,s}$. Es la media de todos los CBMs consumidos, en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados, expresado en kg/m^2 construido, de la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN), donde $s = a, \dots, z$ y $p = 1, \dots, 10$.

b. Aceptación o rechazo del proceso.

La aceptación del proceso anterior tendrá lugar si la relación entre los pesos medios por m^2 construido que configuran los perfiles de ambas matrices es igual o superior al 80%, margen establecido por el Rango Intercuartílico. Esto es si se cumple:

$$\delta = \sum [R^*(IO)_{p,s} / R^*_s] > 80\%$$

A la vista de los resultados contenidos en los correspondientes anexos, el porcentaje obtenido es del 93,84 % luego el proceso es aceptable.

En consecuencia, podemos aplicar el mismo criterio estadístico para obtener la Imagen Original del MCH en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO_2 partiendo de sus correspondientes Imágenes de Referencia definidas como el consumo energético medio por m^2 construido, y las emisiones de CO_2 medias por m^2 construido, obtenido en la subetapa (E.4.1.A y B respectivamente), al aceptar la hipótesis de que los CBMs que representan el 20% restante y que fueron eliminados en la creación de la Imagen de Referencia también se comportan como la media en las dimensiones establecidas, en base a la aplicación del intervalo intercuartílico.

La determinación de la distancia existente entre el perfil definido por el peso por m² construido y las dimensiones de: Consumo Energético por m² construido y Emisiones de CO₂ por m² construido respectivamente, nos permitirá obtener los Coeficientes de Relación por los que tendremos que multiplicar el peso medio por m² de los CBMs constitutivos de la Imagen Original para cuantificar el Consumo Energético y las Emisiones de CO₂ del MCH en Sevilla.

c. Obtención de los Coeficientes de Relación de consumo energético (CRce) y emisiones de CO₂ (CRe).

En este apartado se pretende determinar las distancias existentes entre los perfiles que constituyen la Imagen de Referencia del MCH en Sevilla en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO₂ y sus respectivas Imágenes Originales, que denominaremos Coeficientes de Relación (CR) entre imágenes, calculándose como la relación existente entre las imágenes correspondientes al perfil de referencia para el consumo energético y el perfil de referencia para el peso medio por m² construido de los CBMs representativos del MCH, para la obtención de CRce, expresado en MJ/kg y la relación entre las imágenes correspondientes al perfil de referencia de las emisiones de CO₂ y el perfil de referencia para el peso medio por m² construido de los CBMs representativos del MCH, para la obtención de CRe, expresado en kgCO₂/kg. Esto es:

$$\text{Coeficiente de Relación consumo energético} = \text{CRce} = \delta_1 = \text{CEC} / \text{R}^*$$

$$\text{Coeficiente de Relación emisiones de CO}_2 = \text{CRe} = \delta_2 = \text{EC} / \text{R}^*$$

Donde:

δ_1 = Distancia hipotética existente entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente Imagen Original en la dimensión del consumo energético consumido en la ejecución de los CBMs que la definen, expresada en MJ/kg.

CEC = El consumo energético por m² construido producido en la ejecución del MCH, derivado de la fabricación de los CBMs definidos como representativos del MCH.

δ_2 = Distancia hipotética existente entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente

Imagen Original en la dimensión de las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los CBMs representativos del MCH consumidos en su ejecución, expresada en kgCO₂/kg.

EC = Las emisiones de CO₂ que se producen en la ejecución del MCH, consecuencia del proceso de fabricación de los CBMs más representativos utilizados.

R* = Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

d. Definición de las Imágenes Originales del MCH en las dimensiones de Consumo energético y Emisiones de CO₂.

Para construir las correspondientes Imágenes Originales del MCH en las dimensiones deseadas, bastará con multiplicar el peso medio por m² construido de la Imagen Original definida por el peso medio por m² construido correspondiente a cada CBM de la muestra por sus respectivos Coeficientes de Relación (CR) obtenidos en el apartado anterior, lo que permitirá cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ del MCH definido como la construcción de Viviendas de Protección Oficial en Sevilla, expresado en MJ/m² y kgCO₂/m² respectivamente.

Los resultados finales de la investigación se recogen en el anexo XVI, configurando lo que denominaremos Matriz de Resultados Finales (F), donde se especifican el peso, consumo energético y emisiones de CO₂ por m² construido de la Imagen de Referencia (IR) y de la Imagen Original (IO) del Modelo Constructivo Habitual (MCH).

De forma desglosada presenta la forma siguiente:

CODIGO	CBMs	PESO MEDIO		CONSUMO ENERGÉTICO		EMISIONES DE CO ₂	
		kg/m ²	% Edif.	MJ/m ²	% Edif.	kgCO ₂ /m ²	% Edif.
AANNNNNk _a	CBM _a	F _{R,a}	%	F _{CE,a}	%	F _{EC,a}	%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AANNNNNk _s	CBM _s	F _{R,s}	%	F _{CE,s}	%	F _{EC,s}	%
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
AANNNNNk _z	CBM _z	F _{R,z}	%	F _{CE,z}	%	F _{EC,z}	%
TOTALES IR DEL MCH		F_R (IR)	100	F_{CE} (IR)	100	F_{EC} (IR)	100
TOTALES DEL MCH		F_R	100	F_{CE}	100	F_{EC}	100

Figura 5.44. "Matriz de resultados finales: Peso, consumo energético y emisiones de CO₂ por m² construido del MCH"

Donde:

$F_{R,s}$ = El peso medio por m², expresado en kg/m² construido, del Componente Básico Material "s", representativo del MCH.

$F_{CE,s}$ = El consumo energético medio por m², expresado en MJ/m² construido, del Componente Básico Material "s", representativo del MCH.

$F_{EC,s}$ = Las emisiones de CO₂ medias por m², expresado en kgCO₂/m² construido, del Componente Básico Material "s", representativo del MCH.

Las columnas especifican:

Peso medio: kg/m². El peso medio del CBM representativo al que acompaña.

% Edif. El peso del CBM representativo al que acompaña, con respecto al peso total de los CBMs representativos consumidos en la ejecución del Modelo Constructivo Habitual por m² construido.

Consumo energético: MJ/ m². El consumo energético medio, derivado de la fabricación del CBM representativo al que acompaña.

% Edif. El consumo energético del CBM representativo al que acompaña, con respecto al consumo energético total de los CBMs representativos, derivados de la fabricación de los CBMs consumidos en la ejecución del Modelo Constructivo Habitual por m² construido.

Emisiones de CO₂: kgCO₂/ m². Las emisiones de CO₂, derivadas del proceso de fabricación del CBM representativo al que acompaña.

% Edif. Las emisiones de CO₂, derivadas del proceso de fabricación del CBM representativo al que acompaña, con respecto a las emisiones de CO₂ totales de los CBMs representativos, derivados del proceso de fabricación de los CBMs consumidos en la ejecución del Modelo Constructivo Habitual por m² construido.

La penúltima fila representa los valores totales correspondientes a la Imagen de Referencia del MCH, para cada una de las dimensiones señaladas: peso, consumo energético y emisiones de CO₂, calculadas como:

$$\text{Peso medio IR} = R * (\text{IR}) = \sum_s \mathbf{F}_{R,S} \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Consumo energético IR} = \text{CE} * (\text{IR}) = \sum_s \mathbf{F}_{\text{CE},p} \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ IR} = \text{EC} * (\text{IR}) = \sum_s \mathbf{F}_{\text{EC},p} \quad (s = a, \dots, z)$$

La última fila de la matriz señala los valores totales correspondientes al MCH, calculados como:

$$\text{Peso medio IO} = R * (\text{IO}) = \mathbf{QN}_s \quad (s = a, \dots, z)$$

$$\text{Consumo energético IR} = \text{CE} * (\text{IR}) = [\sum_s \mathbf{F}_{\text{CE},p} \quad (p = 1, \dots, 10)] \times \delta_1$$

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ IR} = \text{EC} * (\text{IR}) = [\sum_s \mathbf{F}_{\text{EC},p} \quad (p = 1, \dots, 10)] \times \delta_2$$

El concepto “total” recoge todos los valores correspondientes a los kg por m² construido de CBMs consumidos en cada columna de la matriz; esto es, en cada uno de los diez proyectos de ejecución estudiados.

Conclusiones etapa 4:

En el desarrollo de la investigación se ha procurado generalizar en todo momento el modelo creado al construir la Imagen de Referencia, definiendo el perfil de la Imagen y las fronteras que separa el universo estudiado de la imagen construida.

En la presente tesis doctoral el universo estudiado quedaba acotado en la etapa 1 de la metodología (E1), la construcción de bloques de Viviendas de Protección Oficial en Sevilla, para lograr el objetivo principal de la misma, cuantificar el consumo energético producido en la fabricación de los recursos materiales empleados en la construcción de VPO en Sevilla y las emisiones de CO₂ derivadas de dicho proceso de fabricación, lo que tiene lugar en la etapa 4 que hemos desarrollado, siendo los resultados obtenidos los siguientes:

- Los recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH definido, supone un total de **2.177,738 kg/m²** construido. La descomposición pormenorizada en porcentajes de cada Componente Básico Material, CBM, constitutivo del modelo figura en el anexo XVI.
- La energía consumida en el proceso de fabricación de los materiales de construcción empleados en la ejecución del MCH, cuenta con un total de **7.164,76 MJ/m²** construido. El porcentaje atribuido a la fabricación de cada CBM del MCH, respecto del total figura en el anexo XVI.
- Las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los materiales utilizados en la ejecución del MCH, asciende en total a **739,67654 kgCO₂/m²** construido, pudiendo observarse los porcentajes pormenorizados para cada CBM del MCH en el anexo XVI.
- Los resultados obtenidos en el proceso han permitido conocer los materiales más utilizados en el proceso de construcción del MCH en Sevilla, y el porcentaje que ocupan en la edificación lo que puede observarse pormenorizadamente en el anexo XVI, en forma de tabla, quedando representado gráficamente del modo en que sigue:

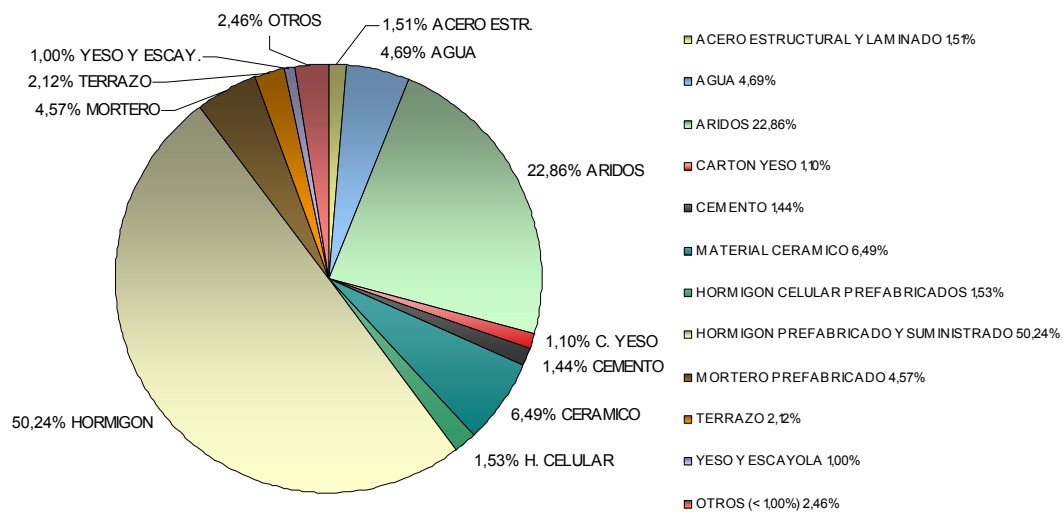


Figura 5.45. "Representación del peso en el MCH de los principales CBMs consumidos".

- La identificación y cuantificación de los recursos materiales empleados en la tipología definida como MCH en Sevilla, ha permitido evaluar el impacto ambiental que se produce en Sevilla, a través de dos de los indicadores de impacto ambiental más relevantes asociados al peso por m^2 de construcción, como son el consumo energético y las emisiones de CO_2 . Gráficamente quedarían:

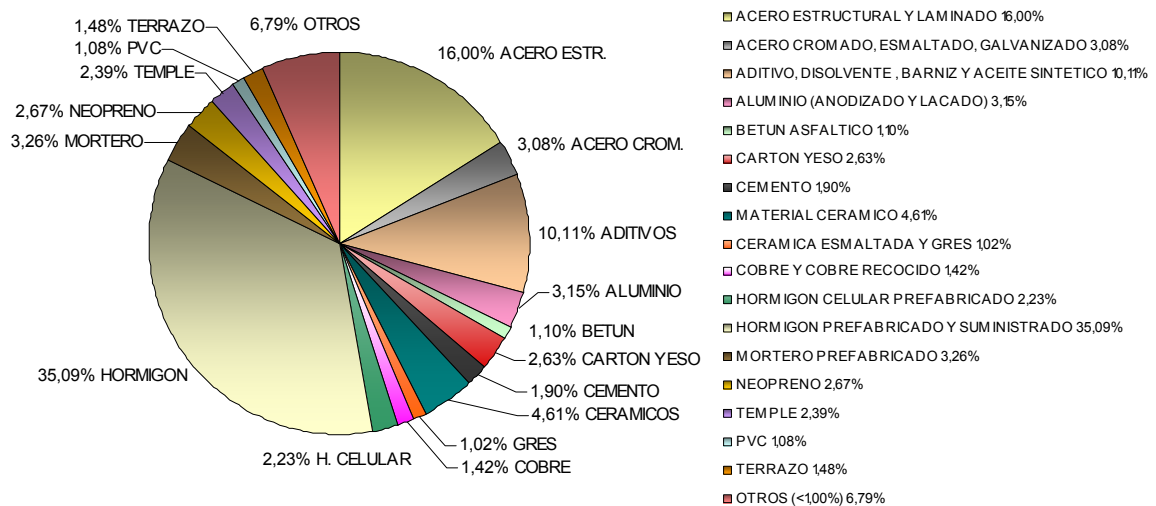


Figura 5.46. "Representación de los CBMs que suponen un mayor consumo energético en el MCH".

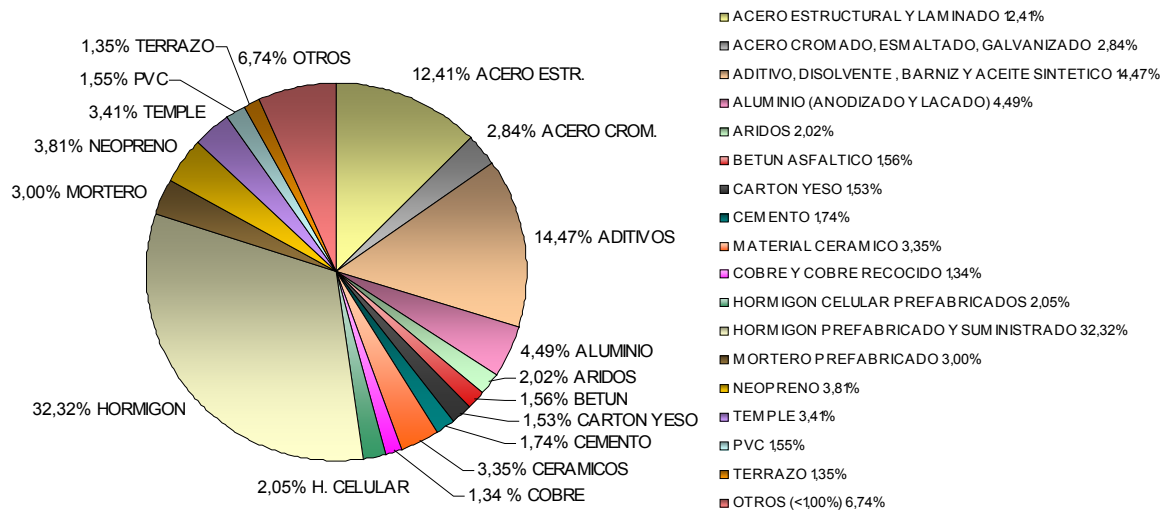


Figura 5.47. “Representación de los CBMs que suponen mayores emisiones de CO₂”.

La aplicación del modelo de cuantificación a la muestra seleccionada permite verificar su eficacia, al confirmarse en esta etapa 4 que los componentes básicos materiales (CMBs) representativos del MCH seleccionados, constitutivos de la Imagen de Referencia del MCH, constituyen el **93,84%** de la totalidad de CBMs de la muestra que constituye la Imagen Original del MCH.

6. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada se han podido extraer las siguientes conclusiones:

a. Relacionadas con el modelo de cuantificación generado.

1. El modelo generado en el desarrollo de la investigación ha dado cumplimiento al objetivo principal que le había sido asignado, la cuantificación¹ del consumo energético y las emisiones de CO₂ en la construcción de viviendas de protección oficial en Sevilla, derivadas de la fabricación de los recursos materiales empleados en su ejecución.
2. La metodología empleada permite la selección² homogénea de edificios representativos del Modelo de Construcción Habitual (MCH) en Sevilla, haciéndola extensible a otros ámbitos geográficos.
3. Tiene la capacidad de cuantificar los Componentes Básicos Materiales (CBMs) necesarios para la ejecución del MCH, con un elevado nivel de definición y cercanía a la realidad de las obras, al utilizar la Transferencia de la Medición de los proyectos de ejecución, como herramienta destinada a facilitar el desarrollo específico de la cuantificación de los recursos materiales consumidos.
4. Permite desarrollar una base de datos medioambientales específica de los componentes básicos materiales constitutivos del MCH considerado, relacionados con los indicadores de consumo energético y emisiones de CO₂ por material, expresados en MJ/kg y kgCO₂/kg respectivamente. Su configuración tiene además la capacidad de ser revisada y actualizada de forma permanente, adaptándose a la incorporación de nuevos CBMs, por lo que proporciona un amplio nivel de crecimiento y sostenibilidad, así como posibilita la vigencia y durabilidad de su implantación con el paso del tiempo y su extensión a otras tipologías edificatorias.
5. Se presenta como una herramienta metodológica de trabajo de fácil manejo, alternativa al uso de programas informáticos especializados, destinada al servicio de la investigación en el campo del consumo energético y las emisiones de CO₂ producidas en edificación, a fin de enriquecer la oferta existente.

¹ Ver conclusiones etapa 4 del desarrollo de la investigación de la tesis, pág. 160.

² Ver conclusiones etapa 1.3. pág. 85 del desarrollo de la investigación de la tesis.

6. Consigue dar respuestas específicas de la cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ de los infinitos proyectos de edificación posibles, presentes o futuros, en cualquier ámbito geográfico, mediante la generación de la Imagen de Referencia del Modelo Constructivo Habitual y el cálculo de la distancias entre el perfil de dicha Imagen de Referencia y la Imagen Original del Modelo en las dimensiones de consumo energético y emisiones de CO₂.

b. Relacionadas con la aplicación del modelo de cuantificación al MCH en Sevilla.

7. El modelo de cuantificación generado de forma paralela a su ensayo sobre a una muestra seleccionada de diez proyectos de ejecución representativos de la construcción de VPO en Sevilla, ha permitido identificar³ los materiales más utilizados en su ejecución, así como el porcentaje que ocupan en la edificación por m² construido.

8. La cuantificación del consumo energético y las emisiones de CO₂ en el MCH en Sevilla, ha permitido evaluar su impacto ambiental, a través de dos de los indicadores de impacto ambiental más relevantes asociados al peso por m² de construcción, como son el consumo energético y las emisiones de CO₂, pudiendo identificar los materiales más relevantes en cada caso⁴.

9. Los resultados obtenidos para el MCH en Sevilla, constituyen un modelo de referencia para el ensayo de nuevos proyectos que tengan por objetivos minimizar el impacto ambiental generado por el MCH, mediante la comparación gráfica o analítica del perfil del nuevo proyecto y el perfil de la Imagen de Referencia del MCH, lo que permite a su vez establecer la condición de aceptación o rechazo de cada proyecto ensayado, en función de su proximidad o lejanía a la Imagen de Referencia.

³ Ver figura 5.45. “Representación del peso en el MCH de los principales CBMs consumidos”, pág. 161 y anexo XVI.

⁴ Ver figura 5.46. “Representación de los CBMs que suponen un mayor consumo energético en el MCH” y figura 5.47. “Representación de los CBMs que suponen mayores emisiones de CO₂”, páginas 161 y 162 respectivamente, y anexo XVI.

c. Líneas de Investigación.

Para completar la investigación realizada sería conveniente profundizar en los siguientes aspectos:

1. Mantener viva la investigación relativa a la base de datos medioambientales, para confirmar o rechazar las hipótesis planteadas en la asignación de los valores medioambientales referenciados y ampliar la misma.
2. Cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ derivadas de la maquinaria empleada en la ejecución del MCH, así como la utilizada en el transporte de los materiales desde la fábrica hasta la obra.
3. Cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ ocasionado por el uso de las instalaciones del MCH en Sevilla, a fin de conocer el impacto global que producen nuestras construcciones.
4. Cuantificar los residuos que se genera en el MCH, derivado de su ejecución y derivado de su uso, considerando la cuantificación del consumo de recursos materiales obtenida para el MCH en Sevilla, como una posible aportación al cálculo de la huella ecológica⁵.
5. Profundizar en las posibilidades del modelo para extender sus aplicaciones al campo de la informática, con la creación de programas de presupuestación de obras que integren bases de datos medioambientales, mejorar los existentes, o incluso la creación programas que permitan calcular la huella ecológica de un determinado territorio.
6. Cuantificar el consumo energético y las emisiones de CO₂ en cada uno de los subsistemas constructivos en que puede subdividirse el MCH, para poder comparar soluciones constructivas alternativas a las habituales que nos permitan minimizar los impactos ambientales conocidos, a fin de verificar su eficacia. Este hecho garantizaría la utilización del modelo en otras comunidades autónomas.

⁵ Evalúa el impacto que ejerce una cierta comunidad humana (país, región o ciudad) sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de producción y consumo de la comunidad.

d. Transferencia de los resultados de la investigación.

Los resultados obtenidos con el ensayo del modelo, se presentan como una oferta más al servicio de la investigación. Aspira a servir de apoyo a otras líneas ya iniciadas o en proceso, a fin de proponer soluciones al problema medioambiental desde la óptica de los recursos materiales empleados en edificación, como medida de aproximación a una arquitectura medioambientalmente correcta.

Con este fin se procederá a la transferencia de sus resultados a otras investigaciones realizadas en el seno del grupo multidisciplinar de investigación “ARDITEC⁶: Arquitectura, Diseño y Técnica”, en cuyo contexto se encuentran proyectos de investigación relacionados con el ámbito de nuestro estudio, citando:

- Proyecto ARCEVA⁷, que propone reducir la huella ecológica de las edificaciones en Andalucía y cumplir con los objetivos del Protocolo de Kioto, mejorando el aislamiento en las viviendas empleando materiales reciclados, desarrollados en el proyecto y en trabajos previos de investigadores, y reduciendo el consumo energético, dando respuesta a las exigencias de aislamiento técnico y acústico del CTE.
- Proyecto europeo TRISCO⁸, cuyo comienzo viene marcado por un Trabajo Fin de Master de la Universidad de Sevilla⁹ denominado: “Método para el cálculo simplificado de emisiones de CO₂ en las viviendas en Europa”. Su principal objetivo es conseguir cambios de comportamiento que generen una reducción en las emisiones de CO₂ debidas al uso de

⁶ Código PAIDI de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa: TEP-172, dentro del Dpto. CA2 de la Universidad de Sevilla, dirigido por el profesor Dr. D. José Antonio Solís Burgos.

⁷ ARCEVA, Aislamiento y reciclaje para reducir el consumo energético de las viviendas en Andalucía, dirigido por el Catedrático Dr. D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo. Proyecto subvencionado mediante orden de 22 de Abril de 2008 de la Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio, previsto desarrollar entre 2008-2010.

⁸ TRISCO, TRansition ISland COmmunities, se engloba dentro del programa INTERREG IVC, en la convocatoria POWER (Low Carbon Economies), y pertenece a la línea temática Cambios de Comportamiento. Se desarrolla entre Julio de 2009 y Septiembre de 2011, siendo las organizaciones participantes: The Environment Centre (Reino Unido), Universidad de Sevilla, ACER Reggio Emilia (Italia), Stichting Brabantse Milieufederatie (Holanda), Viimsi Vallavalitsus Viimsi Rural Municipality (Estonia), Municipality of Gotland (Suecia). La universidad de Sevilla está representada por los profesores de la Escuela de Arquitectura Técnica de Sevilla: Madelyn Marrero Meléndez (coordinadora), Rafael Lucas Ruiz, Rafael Llácer Panteón, Jaime Solís Guzmán y María Victoria de Montes Delgado y los profesores Pilar Mercader Moyano y José Manuel Almodóvar Melendo de la E.T.S.A.

⁹ Tutelado por la profesora Dr. D^a. Madelyn Marrero, presentado para optar al Título de Máster en Seguridad Integral en Edificación por el alumno D. José Carlos Claro Ponce.

los edificios. El proyecto debe llegar a distintos sectores de la población europea. Para medir los cambios de comportamiento se pueden desarrollar encuestas y programas informáticos, que deben ser fáciles de entender para que cualquier ciudadano pueda auto evaluarse, identifiquen los cambios de comportamiento y midan el efecto que éstos tienen en las emisiones de CO₂.

- Tesis doctoral¹⁰ en desarrollo, denominada “La huella ecológica del sector edificación (uso residencial) en la comunidad andaluza.”

De igual forma se transferirán los resultados al grupo de investigación denominado “Tecnologías de los materiales y sistemas de construcción: Caracterización, Mantenimiento, Restauración y Sostenibilidad¹¹”.

Y al departamento de Construcciones Arquitectónicas I de la ETSA del Vallès, Barcelona, de la UPC, para complementar las investigaciones iniciadas en el ámbito del consumo energético y emisiones de CO₂ en edificación, dirigidas por el profesor titular Albert Cuchí Burgos, para evaluar de forma comparada el impacto ambiental de diferentes comunidades autónomas.

Su contribución al conocimiento de los impactos ambientales, relacionados con el consumo energético y las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción, redunda en la búsqueda de políticas medioambientales equilibradas, conducentes a la minimización y mejora del impacto ambiental ocasionado en nuestra sociedad y por ende de interés internacional, al relacionarse con los GEIs, y conocer de esta forma qué iniciativas son viables en este momento en el campo de la arquitectura y sus implicaciones en el Protocolo de Kioto.

La relación de los resultados y sus aspiraciones en el ámbito internacional queda recogida en el siguiente gráfico:

¹⁰ Dirigida por D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo y cuyo doctorando es D. Jaime Solís Burgos, augurándole un magnífico futuro e interés para todos los investigadores.

¹¹ Código PAIDI de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa: TEP-206, dentro del Dpto. CA1 de la Universidad de Sevilla, dirigido por el profesor Dr. D. Manuel Olivares Santiago.

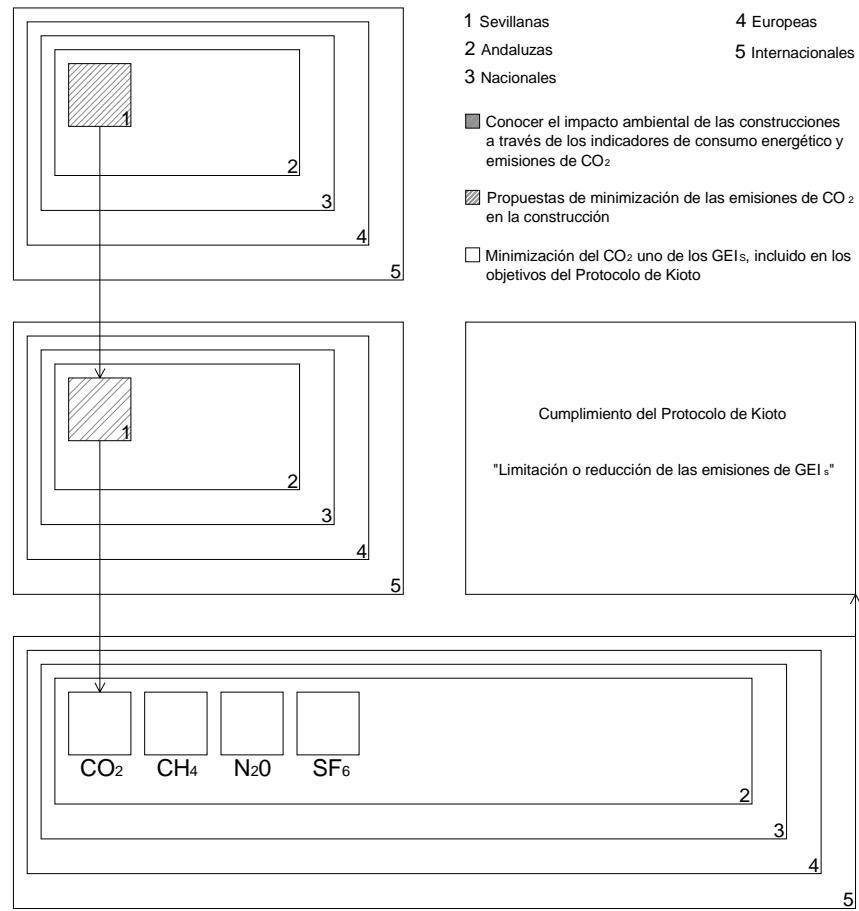


Figura 6.1."Repercusión de los resultados en el ámbito internacional".

7. NOMENCLATURA

NOMENCLATURA

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
ACS	Agua caliente sanitaria
AECI	Agencia Española de Cooperación Internacional
ALCOREC	Planta para el reciclaje de residuos procedentes de obras y demoliciones
ARCEVA	Aislamiento y reciclaje para reducir el consumo energético de las viviendas en Andalucía
ARDITEC	Arquitectura, Diseño y Técnica
BCCA	Banco de Costes de la Construcción de Andalucía
BEDEC	Banco estructurado de datos de elementos constructivos
CA	Construcciones arquitectónicas
CBM	Componente Básico Material
CBMs	Componentes Básicos Materiales
CCAA	Comunidades Autónomas
CE _s	Consumo Energético del CBM _s
CEC _s	Consumo Energético por m ² construido correspondiente al CBM _s
CH ₄	Metano
CIB	Consejo internacional para la investigación e innovación de los edificios y en la construcción
CIES	Centro de Iniciativas para una edificación sostenible
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CP	Coefficiente de Participación
CR	Coefficiente de Relación
CRce	Coefficiente de Relación en la dimensión consumo energético
CR _e	Coefficiente de Relación en la dimensión de las emisiones de CO ₂
Ct	Coefficiente de transformación
CTE	Código Técnico de la Edificación
DAIR	Datos Ambientales
DB	Documento Básico
E	Etapas

E _s	Emisiones de CO ₂ del CBM _s
EC _s	Emisiones de CO ₂ por m ² construido correspondiente al CBM _s
EMVISESA	Empresa Municipal de Vivienda, Suelo y Equipamiento de Sevilla
EPSA	Empresa Pública del Suelo de Andalucía
ETSA	Escuela Técnica Superior de Arquitectura
F	Matriz de resultados finales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIE	Gestión Integrada de Expedientes
GMU	Gerencia Municipal de Urbanismo
H	Hipótesis
HA	Hormigón armado
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IO	Imagen Original
IQR	Rango del Intervalo Intercuartílico
IR	Imagen de Referencia
ITeC	Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña
LOE	Ley de Ordenación de la Edificación
M	Manzana
MA	Manzana Abierta
MC	Manzana Cerrada
MCH	Modelo Constructivo Habitual
NO _x	Óxidos de nitrógeno
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PAI	Plan Andaluz de Investigación
P	Proyecto
PB	Planta Baja
PERI	Plan Especial de Reforma Interior
PFER	Plan de Fomento de Las Energías Renovables
PGOU	Plan General de Ordenación Urbana
PUD	Precio unitario descompuesto
PUSD	Precio unitario simple descompuesto
Q	Matriz de Cantidades
QN	Matriz de Cantidades Normalizadas

(R)	Matriz Derivada de CBMs representativos
R_s^*	Peso medio del CBM “s”.
R^*	Peso medio de los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia
R	Peso medio, de los CBMs del MCH en la Imagen Original
R^*_{CBM}	El peso medio por m^2 construido de cada CBM de la muestra origen
RCDs	Residuos de construcción y demolición
RFPVS	Real Fundación Patronato de la Vivienda de Sevilla
SaAS	Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat
SC	Superficie Construida
SF ₆	Hexafluoruro de azufre
SODEAN	Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía
SO ₂	Óxidos de azufre
SUP	Suelo Urbanizable Programado
SUNP	Suelo Urbanizable No programado
SUSPURPOL	Sustainable Purchasing and Planning Policy Blueprint Project- Políticas y Planificación para una Construcción Sostenible
SPSS	Statical Product and Service Solutions
PVC	Policloruro de Vinilo
UE	Unión Europea
UPC	Universidad Politécnica de Cataluña
US	Universidad de Sevilla
V	Matriz de Valores Estadísticos: Valores Relativos
VPO	Viviendas de Protección Oficial
VR	Valores Relativos.

Subíndices:

- (ijk) El subíndice “i” se corresponde con la etapa de la metodología en la que nos encontramos, el subíndice “j”, atiende al orden jerárquico temporal que es preciso realizar para culminar cada etapa y el subíndice “k”, aparece en el caso de que en la misma etapa puedan seguirse caminos paralelos para resolver distintos objetivos.

Superíndices:

(*) Valores medios

Símbolos:

δ Distancia que separa el MCH del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia

δ_1 Distancia que separa la IR del MCH en la dimensión consumo energético

δ_2 Distancia que separa la IR del MCH en la dimensión emisiones de CO₂

8. DICCIONARIO DE TÉRMINOS

En este capítulo se desarrolla un sucinto glosario con los términos más relevantes utilizados en la presente investigación que se pueden clasificar en dos bloques principales:

- Términos nuevos acuñados en la investigación, con la definición propia que interpretamos en nuestro trabajo.
- Términos existentes, acuñados en otras investigaciones, que reproducen fielmente su significado al considerarse la misma acepción en nuestro trabajo. Su procedencia queda definida mediante el superíndice que acompañan a estos términos, especificados pormenorizadamente al final del presente capítulo.

A

Agentes de la Edificación¹: Todas las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de le edificación según se establece en la LOE.

Análisis del ciclo de vida²: Evaluación, mediante un conjunto sistemático de procedimientos, de las entradas y salidas de materia y energía, y del impacto ambiental atribuible directamente a un producto a lo largo de su ciclo de vida.

C

Calidad ambiental²: Conjunto de indicadores apreciativos del estado del medio ambiente en un momento y en un espacio determinados.

Cambio climático²: Variación lenta de las características climáticas en un lugar determinado a lo largo del tiempo.

Ciclo de vida²: Conjunto de estadios por los que pasa un organismo o un producto mientras vive o es de utilidad.

Coefficiente de Participación: Se define como la entre el número de Componentes Básicos Materiales presentes en el conjunto de la muestra y el tamaño de la misma.

$$CPI = NPi/Nm$$

Siendo $i =$ el número de proyectos en los que aparece el Componente Básico Material de referencia.

$m =$ el número de proyectos totales de la muestra.

Coefficiente de Relación: Coeficiente que permite calcular la distancia que separa el Modelo Constructivo Habitual del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia.

Coefficiente de Relación consumo energético: Coeficiente que permite calcular la distancia que separa el Modelo Constructivo Habitual del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia en la dimensión consumo energético. Analíticamente es el resultado de dividir el consumo energético medio y el peso medio por m^2 que suponen los mismos en su correspondiente IR, mediante la siguiente relación:

$$CRce = \delta_1 = CEC / R^*$$

Siendo:

$\delta_1 =$ Distancia entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente Imagen Original en la dimensión del consumo energético consumido en la ejecución de los CBMs que la definen, expresada en MJ/kg.

$R^* =$ Peso medio, expresado en kg/m^2 construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

Coefficiente de Relación de las emisiones de CO₂: Coeficiente que permite calcular la distancia que separa el Modelo Constructivo Habitual del conjunto de normas contenidas en su Imagen de Referencia en la dimensión emisiones de CO₂. Analíticamente es el resultado de dividir las emisiones de CO₂ medias, y el peso medio por m^2 que suponen los mismos en su correspondiente IR, mediante la siguiente relación:

$$CR_e = \delta_2 = EC / R^*$$

Siendo:

δ_2 =Distancia entre la Imagen de Referencia del MCH y su correspondiente Imagen Original en la dimensión de las emisiones de CO₂ derivadas del proceso de fabricación de los CBMs representativos del MCH consumidos en su ejecución, expresada en kgCO₂/kg.

R*= Peso medio, expresado en kg/m² construido correspondiente a los CBMs representativos del MCH en la Imagen de Referencia.

Coefficiente de transformación: Coeficiente que representa el peso por la unidad de referencia del elemento, peso unitario.

Componente básico material: Elemento constructivo que se refiere a cada uno de los recursos materiales que intervienen en la formación de un elemento auxiliar o en una unidad de obra.

Concepto³: Llamaremos concepto a todo aquello que tiene entidad propia dentro de un proceso constructivo.

Construcción¹: Conjunto de las actividades para la realización física de la obra.

El término, cubre la construcción in situ, pero también la fabricación de partes en taller y su posterior montaje in situ.

Construcción Ecoeficiente: Construcción que gestiona racionalmente los recursos que el medioambiente nos proporciona, minimizando su consumo, la emisión de contaminantes y favoreciendo la valorización de los residuos.

Construcción Sostenible: Construcción que contribuye a la obtención de un entorno más favorable desde el punto de vista medioambiental, manteniendo las disponibilidades de los recursos actuales para las generaciones futuras.

Consumo energético de los materiales de construcción: Es la cantidad de energía consumida o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a su proceso productivo.

Dicha magnitud queda reflejada en un indicador cuantitativo expresado en MJ/kg de material de construcción.

Criterio de Medición¹: Criterio que, mediante compensaciones lógicas y teniendo en cuenta las costumbres de la zona, facilita la medición de los conceptos o efectos de presupuestación.

Cuantificación: Operación destinada a determinar los parámetros que caracterizan los recursos materiales consumidos en la ejecución del Modelo Constructivo Habitual, el consumo energético derivado de la fabricación de los materiales empleados y las emisiones de CO₂ derivadas de su proceso de fabricación.

D

Demanda energética¹: Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción y refrigeración, correspondientes a los meses de la temporada de calefacción y refrigeración respectivamente.

Desarrollo sostenible²: Desarrollo económico y social que tiene lugar sin detrimento del medio ambiente ni de los recursos naturales de los cuales dependen las actividades humanas y el desarrollo, tanto del presente como del futuro.

También: *“...el que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades...”*

Desviación: El concepto utilizado en este trabajo es la distancia de cada variable con respecto al conjunto de normas que definen la Imagen de Referencia.

Desviación normalizada: Concepto utilizado para medir la desviación por cociente de cada variable con respecto a la norma, se obtiene dividiendo los valores de la variable; esto es, de cada CBM de la muestra en el MCH y en la Imagen de Referencia.

También se define⁵ como el cociente entre los valores de la variable en el proyecto y en la imagen

de referencia. Se toma la expresión “normalizada” por tratarse de una forma de normalización de la variable estudiada.

Disminución de la capa de ozono²: Disminución de la presencia de partículas de ozono en la estratosfera, concretamente encima de los polos terrestres, tanto en su concentración como en el grosor de la capa que forman.

Nota: La reducción de la concentración de ozono estratosférico es causada por la alteración del balance que hay en la atmósfera entre los átomos de oxígeno (O), las moléculas de oxígeno (O₂) y el ozono (O₃), como resultado de las reacciones entre moléculas de ozono y átomos (o combinaciones de otros elementos) de cloro, nitrógeno o bromuro. Representa un riesgo para los seres vivos al aumentar la nocividad de los rayos solares que llegan a la superficie terrestre. Este fenómeno es llamado impropriamente agujero de la capa de ozono.

Dispersión: Es el grado de distanciamiento de un conjunto de valores respecto a su valor medio. En este trabajo, la dispersión es definida con los valores mínimos y máximos del recorrido de la variable.

$$R_s \max = m_{pax}$$

$$R_s \min = m_{pin}$$

E

Ecoeficiencia⁴: El menor consumo de medios para alcanzar unos fines u objetivos.

Ecoetiqueta²: Etiqueta homologada por un organismo oficial que identifica un producto con poca o ninguna repercusión sobre el medio de acuerdo con unos criterios previamente establecidos.

Nota: Entre los criterios que se tienen en cuenta al conceder la etiqueta ecológica a un producto, destaca la necesidad que durante el proceso de fabricación no se hayan utilizado, hasta donde sea posible, técnicas contaminantes, y que el producto tenga un ciclo de vida útil largo.

Edificio¹: Construcción fija, hecha con materiales resistentes, para habitación humana o para albergar otros usos.

Efecto invernadero²: Fenómeno que consiste en el calentamiento de la atmósfera debido a su transparencia a la radiación solar y su capacidad de absorber la radiación terrestre.

Ejecución de obra: Véase construcción.

Elemento Auxiliar³: Elemento constructivo formado por una combinación de elementos básicos que intervienen en la formación de una unidad de obra.

Elemento Básico³: Elemento constructivo que se refiere a cada uno de los recursos: mano de obra, materiales y maquinaria, que intervienen en la formación de un elemento auxiliar o en una unidad de obra.

Elemento Constructivo³: Concepto que se refiere a la parte física que se integra en una obra de construcción y al procedimiento usado para conseguirla.

Elementos estructurales¹: Parte de una estructura distinguible físicamente. Por ejemplo: pilar, viga, losa, zapata, etc.

Elemento Unitario³: Elemento constructivo formado por una combinación de elementos básicos o auxiliares que configuran una unidad de obra y que es realizado por un mismo grupo de especialistas.

Emisiones de CO₂ de los materiales de construcción: Es la cantidad de emisiones de gas carbónico (CO₂), derivadas del proceso productivo de los materiales de construcción. Dicha magnitud queda reflejada en un indicador cuantitativo expresado en kgCO₂/kg de material de construcción.

Energía renovable²: Energía que se obtiene de fuentes inagotables o que se pueden renovar.

Nota: Por ejemplo, la que se obtiene del carbón vegetal y la madera.

Evaluación de impacto ambiental²: Estimación del efecto que puede tener o tiene un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.

Nota: La función de los estudios de evaluación de impacto ambiental es que la acción sea mínimamente perjudicial para el medio ambiente porque se hayan previsto los efectos y las acciones preventivas y, si es necesario, correctoras.

H

Huella ecológica: Es el área del territorio necesaria para producir los recursos necesarios para abastecer el consumo de una determinada población o usuario y para absorber los residuos que genera, sin alterar de manera permanente su productividad.

I

Imagen de Referencia del MCH: Constituida por los componentes básicos materiales representativos de la muestra que identifica al MCH, caracterizados por la media aritmética y los límites del intervalo intercuartílico: mínimo y máximo, expresados en kg/m² construido. Sus datos se configuran en la Matriz Derivada de CBMs representativos (R) obtenida en la subetapa (E.3.1) de la metodología. (Ver intervalo intercuartílico).

Imagen Original del MCH: Es la configurada analíticamente mediante la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN) de Componentes Básicos Materiales (CBMs) del Modelo Constructivo Habitual (MCH), fruto de la normalización en peso por m² construido de los recursos materiales consumidos en el MCH en Sevilla. Está constituida por todos los CBMs consumidos en la ejecución de los diez proyectos que constituyen la muestra objeto de estudio, de características tipológicas y constructivas similares a las que identifican el MCH en Sevilla.

Impacto ambiental²: Alteración de las características iniciales del medio ambiente provocada por un proyecto, una obra o una actividad.

Intervalo de Confianza: Es el intervalo definido por los extremos del intervalo intercuartílico.

$$R_{s\max} = m_{p\max} [IQR(R_{p,s})]$$

$$R_{s\min} = m_{p\min} [IQR(R_{p,s})]$$

Intervalo Intercuartílico⁵: Es el intervalo que contiene el 75% de los valores centrales del recorrido de las variables, siendo sus límites en la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN) los siguientes:

$$QN_{smax} = m_{pax} [IQR(QN_{p,s})]$$

$$QN_{smin} = m_{pin} [IQR(QN_{p,s})]$$

L

Licencia municipal de obras: Acto administrativo por el cual el Ayuntamiento competente verifica que el proyecto presentado es conforme a la legislación vigente aplicable y autoriza la ejecución de la obra proyectada.

M

Material de construcción: Producto obtenido mediante un proceso de transformación de la materia prima proporcionada por el medio natural, listo para ser empleado en el proceso constructivo. Véase producto de construcción.

Material no renovable: Aquel material que no entra en el circuito biosférico del material renovable, y su ciclo puede seguir gestionándose por nuestro sistema técnico.

Material renovable: Aquel material cuyo ciclo es cerrado por la biosfera, de manera que si los obtenemos y devolvemos sus residuos en la forma y ritmo adecuado, podemos recuperarlos de forma prácticamente ilimitada en el tiempo, obteniendo así el modelo de recurso propio de un desarrollo sostenible.

Matriz de cantidades: Es la matriz constituida por las cantidades, correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) de la muestra, contenidas en cada uno de los proyectos estudiados. Las cantidades están expresadas unidades de medida origen. La matriz se denomina de forma simplificada (Q).

Matriz de cantidades normalizadas: Es la matriz constituida por las cantidades correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) de la muestra, contenidas en cada uno de los proyectos estudiados. Las cantidades están expresadas en la misma unidad de medida, el kg por m² de superficie construida, proceso que se ha denominado normalización de las cantidades originales.

Matriz de Valores Relativos: Es la matriz que contiene los valores estadísticos resultantes del proceso de cálculo de: media de los valores centrales del recorrido de cada variable, en peso/m² construido, y los extremos: mínimos y máximos definidos por el intervalo intercuartílico, enlazados con cada uno de los CBMs representativos de la muestra a los que definen cuantitativamente.

Matriz Derivada de CBMs representativos: Es la matriz constituida por las cantidades correspondientes a cada Componente Básico Material (CBM) representativo de la muestra, tras llevar a cabo sobre la Matriz de Cantidades Normalizadas (QN) las agrupaciones o eliminaciones de CBMs en base a una serie de normas establecidas. Las cantidades están expresadas en la misma unidad de medida, el kg por m² de superficie construida.

Media aritmética: Es la suma de todas las variables consideradas dividida por el número de variables. En este trabajo la media aritmética, es considerada como la medida de tendencia central que mejor se adapta a nuestros fines, calculada una vez eliminados los valores máximos y mínimos correspondientes a cada CBM representativo; esto es, la media de los valores centrales del recorrido.

$$R^* = \Sigma [R_s - R_{smax} - R_{smín}] / 8$$

Medición³: Proceso a través del cual se elabora el documento denominado “Estado de dimensiones” en el que se deja constancia expresa de las partidas, de las dimensiones y de la cantidad en que intervienen en un proyecto las distintas unidades de obra en que se divide el presupuesto. (Dic. Real Academia: Acción y efecto de medir).

Medida³: Cada una de las dimensiones que definen un elemento constructivo. (Dic. Real Academia: Acción y efecto de medir. Cualquiera de las unidades que se emplean para medir longitudes, áreas, volúmenes, etc.).

Medir³: Actividad que conduce a determinar la cantidad en que una unidad de obra o partida interviene en un proyecto. (Dic. Real Academia: Comparar una cantidad con su respectiva unidad con el fin de averiguar cuantas veces la primera contiene a la segunda).

Minimización²: Conjunto de medidas organizativas, operativas y tecnológicas necesarias para disminuir la cantidad y/o peligrosidad de los residuos y emisiones generados en un proceso

productivo, mediante su reducción y el reciclaje en origen.

Modelo: Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

Modelo Constructivo Habitual: Construcción cuyas características tipológicas y constructivas representan al conjunto de edificaciones que con mayor frecuencia se construyen dentro de un ámbito territorial definido.

O

Obra³: Elemento constructivo formado por un conjunto de elementos funcionales, complejos, unitarios, auxiliares o básicos que configuran la totalidad de los elementos que constituyen una edificación.

P

Partida³: Cantidad delimitada de una misma unidad de obra.

Nota: En ocasiones se utiliza de forma errónea el concepto “partida” como sinónimo de unidad de obra. Este uso sólo sería correcto cuando la cantidad de unidades que compongan la partida sea uno.

Pequeño material³: Conjunto de materiales varios, de difícil cuantificación y valoración, que se utilizan en alguna unidad de obra consumiendo muy pequeña cantidad.

Pérdidas³: Se denomina así al conjunto de materiales que durante el proceso de producción sufren deterioros por pérdida o rotura de suficiente entidad como para impedir su normal utilización en las obras.

Precio unitario simple³: Coste por unidad de un Elemento constructivo formado por una combinación de elementos básicos o auxiliares que configuran una unidad de obra y que es realizado por un mismo grupo de especialistas.

Proceso productivo: Entendiendo que la producción de los materiales de construcción es una transferencia de una parte esencial del sistema productivo de la arquitectura a la industria, y que constituyen algo más que una mera concesión de una parte del proceso a un ámbito externo al dominio técnico de la arquitectura, al llevar asociados los aspectos claves que determinan las calidades de los elementos constructivos, proceso productivo es el lugar donde se controlan los aspectos estratégicos de la tecnología arquitectónica, transportada de la obra a la industria como sede del nuevo sistema técnico, y las propiedades físicas y formales de los materiales obtenidos en los procesos industriales.

Este concepto es a su vez definido¹ como: “*Cada uno de los elementos integrantes de un sistema productivo*”. Aplicando esta definición a un producto de construcción, entendemos por proceso cada una de las partes de menor dimensión en que es susceptible de ser dividido la elaboración en la fábrica de un determinado producto de construcción.

Producto de construcción: Es el elemento resultante del proceso productivo definido y por el material que se transferirá de la fábrica a la obra, lugar natural de los procesos del antiguo sistema técnico orgánico, obtenido tras el proceso de elaboración que tiene lugar en la misma, donde se produce la transformación de la materia prima que lo constituye, vinculado a todos los sistemas internos necesarios para la obtención del resultado final.

Producto ecológico²: Producto con un ciclo de vida de mínimo impacto ambiental.

Nota: La concepción del producto ecológico plantea una forma alternativa de producir y consumir, que empieza en el momento en que se escogen las materias primas, pasando por la forma de transformarlas y de presentarlas, los métodos y vías de distribución y, finalmente, por el destino final que le da el consumidor.

Proyecto¹: Es el conjunto de documentos mediante los cuales se definen y determinan las exigencias técnicas de las obras contempladas en el artículo 2 de la LOE, y en el que se justifiquen técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica aplicable.

Proyecto básico¹: Fase del trabajo en la que se definen de modo preciso las características generales de la obra, mediante la adopción y justificación de soluciones concretas. Su contenido es suficiente para solicitar, una vez obtenido el preceptivo visado colegial, la licencia municipal u

otras autorizaciones administrativas, pero insuficiente para iniciar la construcción.

Proyecto de ejecución¹: Fase del trabajo en la que se desarrolla el proyecto básico, con la determinación completa de detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos, definiendo la obra en su totalidad. Su contenido será el necesario para la realización de las obras contando con el preceptivo visado colegial y la licencia correspondiente.

R

Rango del Intervalo Intercuartílico: Es la diferencia entre el cuartil inferior y el cuartil superior del recorrido de las variables. Dado que estos “cuartiles”, los cuantiles más comúnmente utilizados, marcan el 25%, el 75% de los puntos quedará comprendido entre ambos. (Ver intervalo intercuartílico).

Reciclado¹: Materia que resulta de someter un residuo a reciclaje.

Reciclaje²: Opción de valoración que consiste en reutilizar un residuo en el proceso de fabricación del mismo producto, o de un producto con una función análoga.

Recinto habitable¹: Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos, salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;
- g) cualquier otro con un uso similar a los anteriores.

Se consideran recintos no habitables aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo justifica unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

Recuperación²: Opción de valoración que consiste en aprovechar las sustancias o los recursos energéticos valiosos contenidos en un residuo.

Nota: Mientras que en reciclaje se aprovecha la mayor parte del residuo, en la recuperación sólo se aprovechan aquellos componentes considerados valiosos y/o la energía que contiene el residuo.

Recursos no renovables²: Recursos naturales cuya cantidad física no aumenta con el tiempo de manera significativa de tal forma que con el uso disminuye la cantidad disponible.

Recursos renovables²: Recursos que, una vez han sido aprovechados en un momento y un lugar determinados, son susceptibles de ser aprovechados en el mismo lugar enseguida o al cabo de poco tiempo.

Requisitos básicos de la edificación¹: Objetivos derivados de la demanda social de calidad de los edificios y cuya consecución debe procurarse tanto en el proyecto como en la construcción, mantenimiento y conservación de los mismos.

Residuo de la construcción²: Residuo que proviene del proceso de ejecución material de los trabajos de construcción de edificios de nueva planta y de rehabilitación o reparación de edificios viejos.

Nota: Lo forman principalmente materiales de construcción tales como hormigón, mortero, cerámicas, etc., y embalajes de los productos que llegan a la obra.

S

Solución alternativa¹: Cualquier solución que difiera total o parcialmente de las establecidas en

los DB.

Sostenibilidad (Sustentabilidad)⁶: Es la capacidad de obtener, utilizar, mantener y preservar los recursos que nos proporciona el medio ambiente y legarlo a las generaciones futuras en condiciones de calidad.

La sostenibilidad es definida por la EPA (Environmental Protection Agency. USA) como: *“El mantenimiento de los componentes y funciones del ecosistema para las generaciones futuras”*.

Superficie construida: La superficie construida de una vivienda es la medida dentro de los límites definidos por las líneas perimetrales de las fachadas, tanto exteriores como interiores y los ejes de las divisiones entre viviendas u otras dependencias. La superficie así obtenida se incrementará con la superficie de los espacios exteriores privativos, computada de igual forma que la útil.

La superficie construida asignable a cada vivienda, garaje o trastero, se incrementará con la parte proporcional de las superficies construidas de las dependencias comunes del edificio que sirven a los usos antes mencionados, estableciendo esa proporcionalidad en función de la superficie útil de cada vivienda.

T

Tóxico²: Sustancia que por inhalación, ingestión o absorción cutánea, en cantidades pequeñas, puede provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

Transferencia de medición³: Poderosa herramienta para simplificar el desarrollo de la medición. Consiste en la utilización de mediciones completas o parciales de unidades de obras, ya realizadas o pendientes de realizar, para la medición de otras unidades mediante la transferencia de sus resultados.

U

Unidad de medida: Magnitud física que permite cuantificar numéricamente cada uno de los procesos integrantes del sistema obra de edificación. En función de las características propias de

cada proceso, su unidad de medida cuantificará su número (u, mu), dimensiones (m, m², m³, l), duración (h) o peso (kg, t) en base a las unidades legalmente establecidas en el RD 1317/1989.

Unidad de obra³: Conjunto de recursos (materiales, maquinaria o mano de obra), necesarios para construir un todo indivisible que queda integrado en una obra y que constituye la parte más pequeña en que se considera dividida la misma en un presupuesto.

Unidad de pequeño material³: Precio básico instrumental que se utiliza para resolver la imputación del concepto “pequeño material” en los precios descompuestos.

Uso del edificio¹: Actividades que se realizan en un edificio, o determinadas zonas de un edificio, después de su puesta en servicio.

Usuario¹: Es el agente que, mediante título, goza del derecho de uso del edificio de forma continuada. Está obligado a la utilización adecuada del mismo de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en el Libro del Edificio.

Otras acepciones utilizadas:

- a) personas que habitualmente acude a un edificio con el fin de realizar una determinada actividad según el uso previsto;
- b) la propiedad o su representante, aunque no acuda habitualmente al edificio;
- c) persona que ocasionalmente acude a un edificio con el fin de realizar una determinada actividad acorde con el uso previsto. Por ejemplo: visitante, proveedor, cliente, etc.; o
- d) personas que no acuden al edificio, pero que se pueden encontrar, habitualmente u ocasionalmente, en su zona de influencia. Por ejemplo: vecinos, transeúntes, etc.

V

Vertedero: Lugar donde se depositan residuos.

¹ DE MONTES DELGADO, M^a V. Tesis Doctoral: “Nuevo Modelo de presupuestación de obras basado en procesos productivos” (2008) pag. 26 y CTE-PARTE I, ANEJO III. TERMINOLOGÍA. Ed. COAS, (2006).

² AAVV: “Guía de la Edificación Sostenible”. Institut Cerdá, Ministerio de Fomento e IDAE. Madrid (1999).

³ RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A: “Presupuestación de Obras”. Universidad de Sevilla. Sevilla. (2004).

⁴ HUETE FUERTES, R., “*Aproximación a un Modelo de Construcción Ecoeficiente*”, en La Ciudad Viva (2005).

⁵ RAMIREZ DE ARELLANO AGUDO, A: “La teoría de sistemas al servicio del análisis de presupuestos de obras”. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla. Sevilla. (1989).

⁶ HUETE FUERTES, R., LOPEZ MARTINEZ, J.A., LLATAS OLIVER, C., CONRADI GALNARES, E., BLANDÓN GONZÁLEZ, B., GARCÍA MARTINEZ, A., MERCADER MOYANO, P., GARCIA DELGADO, M. “*Guía de Proyecto para un Modelo de Construcción Ecoeficiente*”. Trabajo elaborado por acuerdo específico de colaboración entre la Empresa Municipal de Almonte Territorio Sostenible y el Grupo de Investigación (PAI) TEP-125 a través del Departamento de construcciones Arquitectónicas I de la Universidad de Sevilla.

9. BIBLIOGRAFIA

La planificación de toda investigación, al menos en su parte experimental, no puede ejecutarse sin una previa revisión bibliográfica profunda para conocer el “estado de la cuestión”. De hecho, es inevitable señalar que no se puede comenzar un plan de trabajo sin haber realizado una profunda puesta al día de los conocimientos sobre el particular.

En este sentido, cabe agradecer la información facilitada por la escuela de arquitectura técnica del Válles, facilitándonos trabajos de investigación¹ que nos pusieran al día del estado de la cuestión de sus líneas investigadoras, aún cuando se encontraban en proceso de publicación, al entender que nuestras líneas de investigación eran paralelas, a fin de lograr unos objetivos comunes. Sus trabajos, al igual que los elaborados por otros investigadores en el seno del grupo TEP-172, han sido fundamentales en el proceso investigador.

En el presente capítulo, se presenta la bibliografía seleccionada relacionada con la investigación, clasificadas por orden cronológico² a fin de establecer la trayectoria seguida por el conocimiento relativo a nuestro ámbito de estudio, las páginas webs consultadas se orden alfabéticamente. Se agrupa la bibliografía en tres bloques en función de su tipo de participación en la presente tesis doctoral y la fuente de obtención de la información:

- a. Bibliografía consultada en libros, revistas y webs.
- b. Bibliografía relacionada con la investigación.
- c. Bibliografía generada a lo largo del proceso de investigación.

El primer apartado comprende la bibliografía consultada directamente para su desarrollo, ya sea en libros, revistas o webs³ consultadas, y a las que se hace referencia en el desarrollo de la presente tesis, en el segundo apartado figuran otras fuentes que permiten profundizar en algunas de las materias tratadas y que servirán de apoyo a nuevas líneas de investigación futuras y, en el último apartado aparecen recopiladas las nuevas referencias bibliográficas que se han generado en el transcurso de la investigación, tales como publicaciones de artículos en revistas, así como comunicaciones y ponencias en libros de actas.

¹ Se citan en el documento de tesis como referencias bibliográficas a pié de página.

² Las referencias pertenecientes a un mismo año se relacionan dentro del mismo por orden alfabético del título.

³ Entre las herramientas de las nuevas tecnologías que posibilitan la universalización del conocimiento, se encuentra Internet, que permite a los usuarios acceder a toda la información existente desde cualquier punto del mundo y cuyo manejo como fuente de información ha sido fundamental en esta tesis doctoral.

9.1. Bibliografía consultada

Partiendo de la revisión y estudio pormenorizado de las presentes fuentes bibliográficas, hemos podido argumentar el estado de la cuestión del presente trabajo, configurándose el mismo como punto de inicio de nuestra investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Titulo: “La investigación científica”.

Autores: M. Bunge.

Editorial: Ariel

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1972.

Titulo: “Los límites del crecimiento: Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad”.

Autores: Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows.

Editorial: Fondo de cultura económica.

Lugar de publicación: México.

Fecha: 1973.

Titulo: “Clasificación Sistemática”.

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo, E. Carvajal Salinas y J.M. Rodríguez Cayuela.

Editorial: Fundación Codificación y Banco de Precios de la Construcción (FCBP)

Lugar de publicación: Sevilla.

Fecha: 1984.

Título: “La Teoría de sistemas al Servicio del análisis de Presupuesto de Obra”

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo

Editorial: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 1989

Título: “NBE-AE-88”

Autores: AAVV

Editorial: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1988

Título: “La teoría de sistemas al servicio del análisis de presupuestos de obras (evaluación cibernética de sistemas multivariantes CEMS)”.

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo.

Editorial: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla.

Lugar de publicación: Sevilla.

Fecha: 1989.

Título: “Como se hace una tesis”

Autores: H. Eco

Editorial: Gelisa.

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 1993

Título: “Clasificación Sistemática para la Conservación y Restauración de Bienes Muebles”

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo

Editorial: Consejería de Cultura y Medio Ambiente.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 1993

Título: “La enseñanza de la arquitectura y del medio ambiente”

Autores: N. Casado Martínez y otros

Editorial: OCT-COAC, ETSAB

Lugar de publicación: Cataluña

Fecha: 1996

Título: “Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth”

Autores: William Rees y Mathis Wackernagel

Editorial: New Society Publishers

Lugar de publicación: BC and Philadelphia

Fecha: 1996

Título: “Presupuestación de obras”

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo.

Editorial: Universidad de Sevilla (Secretariado de Publicaciones)

Lugar de publicación: Sevilla.

Fecha: 1ª edición 1998, 2ª edición 2000, 3ª edición 2004

Título: “Programa de acciones técnicas para fomentar la valorización, minimización y selección de residuos originados en las obras de construcción y demolición”

Autores: AAVV.

Editorial: Instituto de Tecnología de la Construcción.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Boletín Estadístico nº 18 Abril 1999”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Edificación y Vivienda: 1990-1998”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Edificación y Vivienda: 1993-1998”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Guía de la edificación sostenible. Calidad energética y medioambiental en Edificación”

Autores: AAVV

Editorial: Institut Cerdá, Ministerio de Fomento e IDAE.

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Green Building Materials”

Autores: Ross Spiegel & Dru Meadows

Editorial: John Wiley & Sons

Lugar de publicación: EEUU

Fecha: 1999

Título: “Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV”

Autores: Albert Cuchí Burgos e Isaac López Caballero.

Editorial: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 1999

Título: “Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación” (LOE)

Autores: AAVV

Editorial: BOE

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Manual de Presto 8.6”

Autores: AAVV

Editorial: Soft S.A.

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Tesis doctorales y trabajos de investigación científica”

Autores: R. Sierra Bravo.

Editorial: Paraninfo

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1999

Título: “Anuario estadístico del Mercado Inmobiliario Español 2000”

Autores: AAVV

Editorial: RR. de Acuña & Ass

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2000

Título: “Aspectos económicos de la recuperación de edificios”

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo

Editorial: Universidad de Sevilla (Secretariado de Publicaciones)

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2000

Título: “Edificación y Vivienda: 1994-1999”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2000

Título: “Índice de precios de las viviendas”

Autores: Ministerio de Fomento. España

Editorial: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2000

Título: “Anuario estadístico 2000”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2001

Título: “Encuesta coyuntural de la industria de la construcción. 2000”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2001

Título: “Libro Verde. Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético”

Autores: AAVV

Editorial: Oficina de publicaciones oficiales de las comunidades europeas.

Lugar de publicación: Luxembourg

Fecha: 2001

Título: “Residuos generados en la construcción de viviendas. Propuestas y evaluación de procedimientos y prescripciones para su minimización” Tesis Doctoral.

Autores: C. Llatas Oliver

Editorial: Universidad de Sevilla

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2001

Título: “Banco de precios de la construcción”

Autores: AAVV

Editorial: Fundación Codificación y Banco de Precios de la Construcción

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2002

Título: “La cubierta captadora en los edificios de viviendas”

Autores: AAVV

Editorial: ITEC

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2002

Título: “Retirada selectiva de residuos: modelo de presupuestación”

Autores: AAVV

Editorial: Fundación Aparejadores

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2002

Título: “SPSS 11. Guía para el análisis de datos”

Autores: A. Pardo Merino y M.A. Ruíz Díaz

Editorial: Mc. Graw Hill

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2002

Título: “Comunicaciones. III Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura Técnica”
(CONTART 2003, 2 tomos)

Autores: AAVV

Editorial: Fundación Aparejadores

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2003

Título: “Edificación y Vivienda: 1997-2002”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2003

Título: “Manual de gestión ambiental en el sector de la construcción en Andalucía”

Autores: AAVV

Editorial: Junta de Andalucía

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2003

Título: “Memoria de investigación 2003”

Autores: AAVV

Editorial: Universidad de Sevilla (Vicerrectorado de Investigación)

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2003

Título: “Ordenanza Marco de la Mancomunidad de Los Alcores”

Autores: AAVV.

Editorial: Boletín Oficial de la Provincia de Sevilla.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2003

Título: “Parámetros de sostenibilidad”

Autores: A. Cuchí, D.Castelló, G. Díez, A.Sagrera.

Editorial: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC)

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 1ª edición 2003

Título: “Presto 2ª Edición”

Autores: R. de Benito Arango y A.J. Sánchez Granda.

Editorial: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Colaboración de SOFT

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2003

Título: “Análisis de los materiales empleados en la edificación en la isla de Lanzarote desde una perspectiva medioambiental”

Autores: L. Alvarez-Ude, X. Casanovas y otros

Editorial: Equipo Life 2001-2004. Cabildo de Lanzarote

Lugar de publicación: Lanzarote

Fecha: 2004

Título: “Edificación y Vivienda: 1998-2003”

Autores: Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica

Editorial: Ministerio de Fomento

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2004

Título: “Guía Básica de la sostenibilidad”

Autores: Bryan Edwards

Editorial: Gustavo Gili

Lugar de publicación: España

Fecha: 2004

Título: “Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable”

Autores: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

Editorial: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1ª edición 2004, 2ª edición 2007

Título: “Green building guidelines: Meeting the demand for low-energy, resource-efficient homes”.

Autores: U.S. Department of Energy

Editorial: Sustainable Buildings Industry Council (SBIC) with support from the U.S. Department of Energy’s Office of Building Technology, State and Community Programs and the National Renewable Energy Laboratory (NREL)

Lugar de publicación: USA

Fecha: 2004

Título: “Memoria de investigación 2004” y hasta “Memoria de investigación 2009”.

Autores: AAVV

Editorial: Universidad de Sevilla (Vicerrectorado de Investigación)

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2004- 2009

Título: “Sharing Nature’s Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability”.

Autores: Chambers N., Simmons C., Wackernagel M.

Editorial: Sterling Earthscan

Lugar de publicación: London, Great Britain.

Fecha: 2004

Título: “Arquitectura i sostenibilitat”

Autores: Albert Cuchí Burgos

Editorial: Universitat Politècnica de Catalunya, sl. (UPC).

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2005

Título: “Base de costes de la construcción de Andalucía 2005/06” (CD)

Autores: AAVV

Editorial: Consejo Andaluz de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2005

Título: “Construcción de edificios 1999-2004”

Autores: Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Programación económica.

Editorial: Ministerio de Fomento.

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2005

Título: “Greenspec directory. Product Listings & Guideline Specifications from BuildingGreen”

Autor: Larry Strain, AIA.

Editorial: Capital City Press.

Lugar de publicación: United States of America

Fecha: 5th edition, February 2005

Título: “Guía de Buenas Prácticas Ambientales del Sector de la Construcción”

Autores: A. Ramírez de Arellano Agudo y A. Martínez Cuevas

Editorial: Fundación Cultural del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2005

Título: “La formación medioambiental del arquitecto. Hacia un Programa de Docencia basado en la

Arquitectura y el Medioambiente”. Tesis doctoral

Autor: María López de Asiain Alberich

Editorial: Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2005

Título: “Memoria de investigación 2005”

Autores: AAVV

Editorial: Universidad de Sevilla (Vicerrectorado de Investigación)

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2005

Título: “Counting consumption. CO₂ emissions, material flows and EF of the West Midlands”

Autores: Joe Ravetz, John Barrett y Alistair Paul

Editorial: Ecological Budget

Lugar de publicación: UK (United kingdom)

Fecha: 2006

Título: “El reto energético”

Autor: Valeriano Ruiz Hernández

Editorial: Almuzara

Lugar de publicación: Córdoba

Fecha: 1ª edición 2006

Título: “Indicadores de sostenibilidad local en Navarra”

Autores: Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del territorio y vivienda¹. Gobierno de Navarra.

Editorial: Gobierno de Navarra, Red Navarra de entidades locales hacia la sostenibilidad y

Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del territorio y vivienda. Gobierno de Navarra.

Lugar de publicación: Pamplona

Fecha: 2006

¹ Actualmente “Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente”.

Título: “Los límites del crecimiento 30 años después”.

Autores: Donella H. Meadows, Jorgen Randers, Dennis Meadows.

Editorial: Galaxia Gutenberg.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 2006.

Título: “Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación” (CTE)

Autores: AAVV

Editorial: BOE

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2006

Título: “Arquitectura sostenible”

Autores: AAVV

Editorial: Pencil, S.L.

Lugar de publicación: Valencia

Fecha: 2007

Título: “Documentación del proyecto de investigación Suspurpol”

Autores: AAVV

Editorial: Sustainable Purchasing and Planning Policy Blueprint Project. Perteneciente al programa europeo INTERREG III

Lugar de publicación: Europa

Fecha: Febrero 2006-Noviembre 2007

Título: “Estrategia Española de Desarrollo Sostenible”

Autores: AAVV

Editorial: Ministerio de la Presidencia.

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2007

Título: “Glosario de sostenibilidad en la construcción”

Autores: M^a Carmen Diez Reyes

Editorial: AENOR

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2007

Título: “Guía de la eficacia energética para administradores de fincas”

Autores: A. Cuchí, G.Wadel, F.López y A. Sagrera

Editorial: Fundación Gas Natural

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2007

Título: “Ley de gestión integral de la calidad ambiental”.

Autores: AAVV

Editorial: Junta de Andalucía

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2007

Título: “Libro verde de Medio Ambiente Urbano”. Tomo I

Autores: AAVV

Editorial: Ministerio de Medio Ambiente y Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible (AL21)

Lugar de publicación: Catalunya

Fecha: 2007

Título: “Nuevo modelo de obras basado en procesos productivos”. Tesis doctoral

Autor: M^a Victoria de Montes Delgado

Editorial: Universidad de Sevilla

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2007

Título: “Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012 Programa de mitigación”.

Autor: AAVV

Editorial: Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2007

Título: “Vivienda y sostenibilidad en España. Volumen 1: unifamiliar”

Autores: Toni Solanas

Editorial: Gustavo Gili, S.L.

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2007

Título: “Cambio climático. Calculo de emisiones municipales de CO₂ equivalente”

Autores: Cuadernos de trabajo Udalsarea 21

Editorial: IHOBE. Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Lugar de publicación: Bilbao

Fecha: 2008

Título: “Vivienda y sostenibilidad en España. Volumen 2: colectiva”

Autores: Toni Solanas y Juan Herreros

Editorial: Gustavo Gili, S.L.

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2008

Título: “Ecology of Building Materials”

Autores: Berge Bjørn (Translated by Filip Henley)

Editorial: Architectural Press

Lugar de publicación: Ámsterdam, Holanda.

Fecha: 2009

REVISTAS Y ARTÍCULOS EN REVISTAS

Título artículo: “A quantitative approach to the assessment of the environmental impact of building materials”.

Autor: D.J. Harris

Revista: Building and environment 34, pages 751-758 (7)

Editorial: Pergamon

Fecha: 1999

Título artículo en prensa: “REAP: the contribution of ecological footprint to planning policy development”.

Autores: L. Rowledge, K.Brady, R.Barton

Libro: Mapping the Journey: Case Studies in Strategy and Action Toward Sustainable Development

Editorial: Greenleaf Publishing

Lugar: Sheffield

Fecha: 1999

Título revista: “Investigación y Ciencia. El clima”. Tema 26

Editorial: Científica editorial. Edición española de Scientific American

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 4º trimestre 2001

Título artículo: “City management and urban environmental indicators”.

Autor: Kenneth Button

Revista: Ecological economics 40, pages 217-233 (16)

Editorial: Elsevier Science B.V

Fecha: 2002

Título artículo: “Ecological footprints and sustainable urban form”.

Autor: E. Holden

Revista: Journal of housing and the built environment, Volume 19, nº 1, pages 91-109 (19)

Editorial: Springer Netherlands

Lugar de publicación: Netherlands

Fecha: 2004

Título artículo: “Sostenibilidad, ciclo de vida e innovación en la construcción de los asentamientos humanos”.

Autor: Domingo Acosta y Alfredo Cilento Sarli

Revista: Tecnología y Construcción. Vol. 21, nº 1.

Editorial: Fondo editorial FINTEC

Lugar de publicación: Caracas

Fecha: Abril 2005

Título artículo: “Exploring the application of the ecological footprint to sustainable consumption policy”

Autores: John Barret, Rachel Birch et al.

Revista: Journal of Environmental Policy & Planning”. Volume 7, Issue 4, pages 303-316 (14)

Editorial: Routledge, part of The Taylor & Francis Group

Fecha: Number 4/December 2005

Título revista: “Investigación y ciencia. ¿Hacia dónde va la humanidad?”. Número 350.

Autores: AAVV

Editorial: Científica editorial. Edición española de Scientific American

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: Monográfico mes de Noviembre 2005

Título artículo: “Ecological indicators: Between the two fires of science and policy”.

Autores: Esther Turnhout, Matthijs Hisschemöler, Herman Eijssackers

Revista: Ecological indicators, ecoind-215, nº of pages 14

Editorial: Elsevier

Fecha: 2006

Título artículo: “Eramauzoa. Diseño sostenible de barrios y ciudades.” En II Jornadas de Investigación en la Construcción (IETcc-CSIC). Conclusiones

Autores: Juan Monjo Carrió, Virtudes Azorín y otros.

Editorial: IETcc-CSIC.

Revista: Informes de la Construcción. Vol.6, páginas 75-86 (12).

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2008

Título artículo: “Sustainability in the construction industry: a review of recent developments based on LCA”.

Autores: Oscar Ortiz, Francesc Castells and Guido Sonnemann

Revista: Journal Construction and Building Materials, Volumen 23, issue 1, pages 28-39 (12)

Editorial: Elsevier

Fecha: 2008

Título artículo: “The Contribution of Ecological Footprinting to Planning Policy

Development:Using REAP to Evaluate Policies for Sustainable Housing Construction.

Environment and Planning B: Planning an Design, 35 (2), pages 227-247”.

Autores: Nye M., Rydin Y.

Fecha: 2008

WEBS CONSULTADAS

Bancos de precios y programas de cálculo de emisiones de CO₂ y consumo energético

ATHENA Sustainable Materials Instituye

<http://www.athenasmi.ca/>

Association HQE: Association pour la haute qualité environnementale des bâtiments

<http://www.assohqe.org/>

“Définition des cibles de la qualité environnementale des bâtiments”.

<http://194.167.192.3/Documents/cibles.pdf>

Base de Costes de la Construcción en Andalucía (BCCA) 2008. Banco de Precios

<http://juntaadeandalucia.es>

BEAT 2000

<http://www.by-org-byg.dk/english/publishing/software/beat2000/>

“Building Environmental Assessment Tool-BEAT 2000”; Ebbe Holleris Petersen, International Conference Sustainable Building 2000: Proceedings. Maastricht, 22-25 October 2000

BEES 2.0

<http://www.bfrl.nist.gov/oe/bees.html>

“Using BEES to Select Cost-Effective Green Products”.

Barbara C. Lippiat, Amy S. Boyles.

<http://www.bfrl.nist.gov/oe/publications/journals/ijlca.pdf>

BRE-EcoHomes: environmental assessment for housing.

<http://www.bre.co.uk/sustainable/ecohomes.html>

“EcoHomes. The environmental rating for homes.”

Susheel Rao, Alan Yates, Deborah Brownhill, Nigel Howard. BRE and CRC

“EcoHomes. Worksheets”

<http://bre.co.uk/sustainable/workbook.doc>

BRE-Environmental Assessment of Building – BREEAM

<http://www.bre.co.uk/sustainable/breeam.html>

BRE-BREEAM 98 for offices

<http://products.bre.co.uk/breeam/default.html>

“BREEAM 98 for offices”

Roger Baldwin, Alan Yates, Nigel Howard, Susheel Rao.

BRE-Envest: environmental estimator software for architects and designers

<http://www.bre.co.uk/sustainable/envest.html>

ENVEST demo

<http://products.bre.co.uk/envest/demo/demo1.exe>

“What is Envest?”

<http://products.bre.co.uk/envest/what body.htm>

“A tour through Envest”

<http://products.bre.co.uk/envest/tour.html>

“Envest case study: Wessex water operations centre”

http://www.bre.co.uk/sustainable/wessex_case_study.pdf

“Envest for educational use: teaching exercise”.

http://www.bre.co.uk/sustainable/teaching_exercise.pdf

Building Design Advisor 3.0 beta 2

<http://gaia.lbl.gov/bda/>

Building Energy Software: Tools Directory

http://www.eren.doe.gov/buildings/tools_directory/

Building LCA Project

<http://buildlca.rmit.edu.au/>

CLAU 2000-Assistant del manteniment”. Col·legi d’Aparelladors I Arquitectes
Tecnics de Barcelona, 2000

<http://www.apabcn.es/nweb/botiga2/software1.asp>

“EcoEffect, a Swedish Assessment Method” publicat en el fulletó Presentation
of the Swedish Exhibition at Sustainable Building 2000 in Maastricht.

“EcoEffect in English”

<http://www.bmg.kth.se/Bob/EcoEffect/hemengel.html>

“Sammanfattning av EcoEffect-metoden”, Mauritz Glaumann.

<http://www.bmg.kth.se/Bob/EcoEffect/sammanf.doc>

EcoProp

<http://cic.vtt.fi/eco/ecoprop/>

“Requirements Management in Life-Cycle Design”; Jarkko Leinonen & Pekka
Huovila, VTT Building Technology

“Ecoprofile for Commercial Buildings. Simplistic Assessment Method.”

<http://www.byggforsk.no/oekoprofil/Beskrivelse%20av%20metoden/oekoprofilmetoden-eng.pdf>

økoprofil

<http://www.byggforsk.no/oekoprofil/default.htm>

Eco-Quantum

<http://www.ecoquantum.nl>

<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/product7.htm>

EQDemo-EN

<http://www.ivambv.uva.nl/uk/producten/EQDemo-EN.exe>

“Presentation of outcomes of tests of the LCA-based computer program Eco-Quantum Domestic”

J. Kortman, H. van Ewijk. IVAM Environmental Research

D. Anil, M. Knapen, J. Mak. W/E adviseurs duuzaam bouwen.

“Case study: the enviromental performance of Project XX improved with dutch Tool Eco-Quantum”

M. Knapen, J. Mak. W/E adviseurs duurzaam bouwen.

Energy Performance Indoor Environmental Quality Retrofit, EPIQR

<http://www.epiqr.com/>

EQUER. Outil de simulation du cycle de vie des bâtiments

<http://www-cenerg.ensmp.fr/francais/themes/cycle/html/15.html>

Cycle de vie des bâtiments

http://www-cenerg.ensmp.fr/francais/fr_cycle.html

Green building Challenge, GBC.

<http://www.greenbuilding.ca>

Buildings Group/ Group du bâtiments

http://www.buildingsgroup.nrcan.gc.ca/Projects_e/GBTTool.html

GBT2k v1.57.xls

<http://www.greenbuilding.ca/download/gbc2000/GBT2kV1.57Dummy.zip>

GBT2k v1.07 blank.xls

<http://www.greenbuilding.ca/download/gbc2000/GBT2kV107Blank.zip>

GreenCalc

<http://www.greencalc.com/>

<http://www.nibe.org/uk/html/greencalc.htm>

“GreenCalc. Een calculatie-en communicatiemodel om milieubelasting van Gebouwen meetbaar en vergelijkbaar te maken”; DGMR Raadgevende Ingenieurs BV

<http://www.dgmr.nl/new/brochures/greencalc.pdf>

IEA Annex 31: Interactive Tools

<http://www.uni-weimar.de/SCC/PRO/TOOLS/inter.html>

LCA Tool for Use in the Building Industry.

<http://bim.ce.kth.se/byte/leas/pdf/LEASART 05 1999.pdf>

LCAid Environmental Life Cycle Assessment Design Aid

<http://projectweb.gov.com.au/dataweb/lcaid>

LCAid brochure

<http://projectweb.gov.com.au/dataweb/lcaid/Brocure/Lcaid brochure.pdf>

LEGOE

<http://www.legoe.de>

“Legoe-a Complex and Valuation Tool”; Manfred Hermann, Nikklaus Kohler, Daniela Schloesser, Institut für Industrielle Bauproduktion-Universität Karlsruhe, Germany

Metabase-TCQ 2000. ITeC.

<http://www.itec.cat>

OGIP. Optimierung de Gesamtanforderunge (kosten/Energie/umwelt)- ein

Instrument für die Integrale Planung

<http://www.ogip.ch/>

PIMWAQ

http://cic.vtt.fi/eco/pimwaq_a.pdf

Pimwaq Ecological Criteria, Viikki, Finland.

<http://cic.vtt.fi/eco/viikki>

<http://cic.vtt.fi/eco/viikki/text.pdf>

SQUARE ONE research PTY LTD

<http://www.sq1.com/>

ECOTECT brochure

<http://131.251.21.249/sq1/software/ecotect/SQU1-Ecotect.pdf>

US Green Building Council

<http://www.usgbc.org>

LEED™ Green Building Rating System Version 2.0 & LEED™ Checklist

<http://www.usgbc.org/programs/LEED-RSv2june01.pdf>

Educacionales e informativas

Biomímesis: El camino hacia la sustentabilidad

http://www.losverdesdeandalucia.org/documentos/EL_CAMINO_HACIA_LA_SUSTENTABILIDAD.pdf

Building Energy Efficiency Research (BEER)

<http://www.arch.hku.hk/research/BEER>

Conferencias de la ONU sobre medio ambiente

http://www.cinu.org.mx/temas_sost/conf.htm

Construction Resources. Product Information. Products & Systems for Sustainable Building.

[http:// www.constructionresources.com](http://www.constructionresources.com)

CLEAR Comfortable Low Energy Architecture

[http:// www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/index.html](http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/index.html)

COAC Medi Ambient

[http:// www.coac.net/medambient/](http://www.coac.net/medambient/)

Cuidar la Tierra: Filosofía y práctica de la sostenibilidad

[http:// www.lainsignia.org/2003/septiembre/dial_001.htm](http://www.lainsignia.org/2003/septiembre/dial_001.htm)

Desarrollo: La colonización de la biosfera y sus consecuencias.

<http://www.algonet.se/~julio/dsr/biode06.html>

El protocolo de Montreal

[http:// www.tierramerica.net/2002/0922/conectate.shtml](http://www.tierramerica.net/2002/0922/conectate.shtml)

Factor 10.Reducción de emisiones de CO₂. Construmat, Barcelona 2007

<http://www.saas.cat>

Furio Blasco, Elies. “Los lenguajes de la economía”. Capítulo 6 de la parte Tercera.

[http:// www.eumed.net/libros/2005/efb/](http://www.eumed.net/libros/2005/efb/)

NOMADAS.9/José A.Tapia: Consideraciones sobre economía y ecología

<http://www.ucm.es/info/nomadas/9/jatapia.htm>

Pirámide de Maslow

[http://es. Wikipedia.org/wiki](http://es.Wikipedia.org/wiki)

U.S. Environmental Protection Agency (EPA)

<http://www.epa.gov>

Un estudio descubre que los estanques agrícolas retienen tanto CO₂ como los océanos

[http:// www.plataformasinc.es/index.php/esl/Noticias](http://www.plataformasinc.es/index.php/esl/Noticias)

Web de Medi Ambient-UPC

<http://www.upc.es/mediambient/>

Desarrollo sostenible

ASADE American Society for African Development and Education

[http:// www.asade.org/](http://www.asade.org/)

Fundación Ecología y Desarrollo

<http://www.ecodes.org/>

Fundación Entorno

<http://www.fundacionentorno.org/>

Internacional Institute for Sustainable Development

<http://www.iisd.org>

UN-HABITAT- United Nations Human Settlements Programme

<http://www.unhabitat.org/>

US Municipalities Undertaking Sustainability Initiatives-LA21 Initiatives

<http://www.iclei.org/index.php?id=391>

Worldwatch Institute

<http://www.worldwatch.org/>

Young Leaders

<http://youngleaders.lead.org/>

Huella y deuda ecologica

La huella ecológica: Sustentabilidad del concepto a hechos concretos.

[http:// www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/ficha.asp?Id_f=83](http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/ficha.asp?Id_f=83)

Observatori del Deute en la Globalització

<http://www.debtwatch.org/cast/>

OilWatch

<http://www.oilwatch.org.ec/>

Energías renovables

Agencia Local de la Energía de Sevilla

<http://www.oilwatch.org.ec/>

CENER Centro Nacional de Energías Renovables

<http://www.cener.com/>

Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias

<http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp>

Internacional Energy Agency

<http://www.iea.org/>

L`Institut Català d`Energia

<http://www.icaen.net/>

SODEAN Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía

<http://www.sodean.es/>

Medioambiente

EUROPA- Environment- The European Comisión- Environment DG

<http://org.eea.eu.int/>

EUROPA- Environment- Urban Environment-Community activities in the urban environment

http://www.europea.eu.int/comm/environment/urban/policy_iniciatives.htm

ERP Environment

<http://www.erpenvironment.org/>

Internacional Institute for Environment and Development

<http://www.iiied.org/>

Sostenibilidad

Agenda Construcció Sostenible-Agenda de la Construcción Sostenible

<http://www.csostenible.net/>

Biblioteca CF+S

<http://habitat.aq.upm.es/>

Construcció Sostenible

<http://www.gencat.net/mediamb/sosten/construccio/index.htm>

CRBS Centro de Recursos Barcelona Sostenible

<http://www.bcn.es/agenda21/crbs/>

Earth Day Footprint Quiz

<http://earthday.net/footprint/index.asp>

Warmer-Bulletin

<http://www.isrcer.org/warmerbulletin.asp?LanguageId=1>

Sistemas clasificación sostenibilidad

“Sustainability of construction Works (WI0001-WI0002).

<http://www.unece.org/timber/workshops/2008/Green%20Building-Rome/presentations/04-filippi.pdf>

BREEAM BRE Environmental Assessment Method

<http://www.bream.org/retail.html>

LEED Leadership in Energy and Environmental Design

<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>

Services from BRE Health and safety

http://www.bre.co.uk/services/Access_to_buildings.html

9.2. Bibliografía relacionada

En este apartado se recoge la bibliografía revisada que aún no estando directamente relacionadas con nuestra tesis doctoral, pueden estar en relación con las futuras líneas de investigación derivadas de la misma.

Título: “Los diluvios de las Montañas de la Cordillera de la Costa”

Autores: Rol, Eduardo.

Editorial: Tipografía Americana

Lugar de publicación: Caracas.

Fecha: 1950

Título: “La economía Verde. Medio Ambiente, desarrollo sostenible y la política del futuro”

Autores: Jacobs, M.

Editorial: Icaria

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1958-60

Título: “Metodología del trabajo científico”

Autores: I. González Moral

Editorial: Sal Térrea

Lugar de publicación: Santander

Fecha: 1973

Título: “La estructura de las revoluciones científicas”

Autores: T.S. Khunt

Editorial: F.C.E

Lugar de publicación: México

Fecha: 1975

Título: “Verdad y método”

Autores: Hans-Georg Gadamer

Editorial: Sígueme

Lugar de publicación: Salamanca

Fecha: 1988

Título: “Sistema de clasificación de unidades de obra” (Actas de las reuniones de la asociación de redactores de bases de datos de la construcción).

Autores: AAVV

Editorial: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla y Las Palmas

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 1992-1997

Título: “Introducción a la investigación científica y tecnológica”

Autores: E. Primo Yúfera

Editorial: Alianza Editorial

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1994

Título: “Ecología y desarrollo sostenible”

Autores: Tamames Ramón

Editorial: Alianza Editorial

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 1995

Título: “Mi concepción de la filosofía”. En busca de un mundo mejor.

Autores: Popper, Karl

Editorial: Paidós.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1995

Título: “Ciudades Europeas Sostenibles”

Autores: AAVV

Editorial: Dirección General XI, Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil.

Lugar de publicación: Bruselas

Fecha: Marzo 1996

Título: “Análisis del Ciclo de la Vida”

Autores: Fullana, Pere y Rita Puig

Editorial: Rubes Editorial S.L.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: Marzo 1997

Título: “Arquitectura y Clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”.

Autores: Olgyay, Victor.

Editorial: Gustavo Gili.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Building for the future”.

Autores: Fishbein, B.

Editorial: Environmental Buildings News

Lugar de publicación: New York

Fecha: 1998

Título: “Criteris ambientals en el disseny, la construcció i la utilització dels edificis”.

Autores: AAVV.

Editorial: Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Eines per a una Gestió Municipal cap a la Sostenibilitat. La pràctica diària de l’Agenda 21 Local”.

Autores: Sureda, Vicenç.

Editorial: Diputació de Barcelona

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Medi Ambient i Tecnologia. Guia ambiental de la UPC”

Autores: A. cura d’Antonio L. Torres i Ivan Capdevila.

Editorial: UPC

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Minimización y reciclado de los residuos de construcción y de demolición”. I Symposium Internacional sobre la Prevención y el Reciclaje de Residuos.

Autores: Huete, R

Editorial: A.T.E.G.R.U.S.

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1998

Título: “Práctica de la gestión medioambiental ISO 14001”

Autores: Baron, Valérie.

Editorial: AEONOR

Lugar de publicación: Madrid.

Fecha: 1998

Título: “Residuos que se generan en la actividad de la construcción. Cuantificación y minimización”. Congreso Latino-Americano: Tecnología y gestión en la producción de edificios: Soluciones para el tercer milenio.

Autores: Huete, R y Llatas, C.

Editorial: Escuela Politécnica de Sao Paolo.

Lugar de publicación: Sao Paolo. Brasil.

Fecha: 1998

Título: “For Architects and Engineers”

Autores: AAVV

Editorial: Randall Thomas, Max Fordham & Partners

Lugar de publicación: New York

Fecha: 1999

Título: “Guía de la Edificación Sostenible”

Autores: AAVV. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía.

Editorial: Ministerio de Fomento.

Lugar de publicación: Madrid.

Fecha: 1999

Título: “Proyectar con la Naturaleza. Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico”

Autores: Yeang, Ken

Editorial: Gustavo Gili

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1999

Título: “Construcción y Medio Ambiente”

Autores: Flores Alés, Vicente

Editorial: Fundación Cultural del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2001

Título: “Las funciones básicas de la producción en la construcción”

Autores: E. Carvajal Salinas

Editorial: Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio (CICOP)

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2001

Título: “Desarrollo de un modelo de análisis y optimización de los procesos productivos en edificación” (Proyecto de Investigación)

Autores: Grupo de investigación dirigido por J.M^a Calama Rodríguez

Lugar de elaboración: Sevilla

Fecha: 2001

Título: “Arquitectura ecológica. 29 ejemplos europeos”

Autores: Gauzin-Müller, Dominique.

Editorial: Gustavo Gili

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2002

Título: “La cubierta captadora en los edificios de viviendas”

Autores: AAVV

Editorial: ITEC

Lugar de publicación: Barcelona

Fecha: 2002

Título: “Retirada selectiva de residuos: Modelo de Presupuestación”

Autores: Ramírez de Arellano Agudo, A; Llatas Oliver, Carmen y Otros.

Editorial: Fundación Cultural de COAAT de Sevilla.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 2002

Título: “El malestar en la Globalización”

Autores: Stiglitz, Joseph

Editorial: Taurus

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2003

Título: “Greenspec Directory”

Autores: AAVV

Editorial: EBS

Lugar de publicación: Brattleboro. USA.

Fecha: 2003

Título: “Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible”

Autores: Neila González, Javier

Editorial: Minilla-Lería

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2004

Título: “Desarrollo Sostenible y Huella Ecológica”

Autores: Martín Palmero, F.

Editorial: Cristina Seco.

Lugar de publicación: Coruña.

Fecha: 2004

Título: “Borrador de RD por el que se regula la producción y gestión de los RCDS”

Autores: AAVV

Editorial: Ministerio de Medioambiente.

Lugar de publicación: Madrid

Fecha: 2006

Título: “La Energía Solar en la Edificación”

Autores: Yañez, Guillermo

Editorial: Ministerio de la vivienda

Fecha: 1976

Título: “Nuestro futuro común” (Informe Bruntland)

Autores: Bruntland, Gro Harlem

Editorial: Alianza Editorial

Fecha: 1987

Título: “Clima y Diseño”

Autores: Evans – De Schiller

Editorial: Centro de Investigación Hábitat y Energía.

Fecha: 1991

Título: “Promoting Sustainable Human Conference Development” Agenda 21. UNEP

Autores: AAVV

Fecha: 1992

Título: “United Nations Conference on Environment and Development” Agenda 21. UNCED

Autores: AAVV

Fecha: 1992

Título: “An Almost Practical Step to Sustainability” Resources 110.

Autores: Solow, Robert.

Fecha: 1993

Título: “Development of national technological capacity for environmentally sound construction”

United Nations for Human Settlements (Habitat). UNCHS

Autores: AAVV

Fecha: 1993

Título: “Cicle de Vie des Produits de Construction: un outil d’analyse spécifique” CSTB Magazine

Autores: Chevalier, J. L.; Le Téno, J. F. y Rilling, J.

Fecha: 1994

Título: “Arquitectura y Energía Natural”

Autores: Serra Florensa, Rafael y Coch Roura, Helena

Editorial: UPC

Fecha: 1995

Título: “Save energy: Build it Right First Time!” III Internacional Congreso Energy, Environment and Technological Innovation.

Autores: Carter, G.

Fecha: 1995

Título: “La economía verde. Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y la Política del Futuro.”

Autores: Jacobs, Michael

Editorial: Economía Crítica, Icaria Editorial.

Fecha: 1996

Título: “Life cycle embodied energy and carbon dioxide emissions in buildings.” Industry and environment; the construction industry and the environment 2. UNEP

Autores: Atkinson, Carol.

Fecha: 1996

Título: “La enseñanza de la arquitectura y del medio ambiente”. Programa LIFE. Comisión Europea. Dirección General XI. Medio Ambiente. COAC, Demarcación de Barcelona.

Autores: AAVV.

Editorial: Life

Lugar de publicación: Barcelona.

Fecha: 1997

Título: “Desarrollo Sostenible en materia de Construcción y vivienda en Europa”. Comité económico y social europeo Dictamen 97/C355/05.

Autores: AAVV

Fecha: Noviembre 1997

Título: “Habitat Agenda and Istanbul Declaration”. United Nations

Autores: AAVV

Fecha: Octubre 1997

Título: “Formato Digital. (Fundamentos de Composición Arquitectónica y Arquitectura y Medio Ambiente”

Autores: Cabeza, José M^a y Almodóvar, José M.

Lugar de publicación: Sevilla

Fecha: 1998-99-00-01

Título: “Construction ecology and metabolism: natural system analogue for a sustainable built environment” Construction Management and Economics.

Autores: Kibert Ch., Sendzimir J. y Guy B.

Fecha: 2000

Título: “Las construcciones sustentables: de lo general a lo particular”. Tecnología y Construcción.

Autores: Curiel, E.

Fecha: 2001

Título: “Medioambiente y su incidencia en las obras de construcción.” Curso e-learning del COAAT de Sevilla, la EUAT de la US y la Fundación Aparejadores; cofinanciado por el Fondo Social Europeo y la Fundación Biodiversidad. Módulo 6: “Gestión de Residuos de Construcción”.
Autores: Ramírez de Arellano Agudo, A; Llatas Oliver, Carmen y Otros.
Lugar de publicación: Sevilla
Fecha: 2005

Título: “Ecological footprint Standards”
Editorial: Global footprint network
Fecha: 2006

Título: “Guía de construcción sostenible”
Editorial: ISTAS
Fecha: 2006

Título: “Guía de edificación sostenible”
Editorial: IHOBE
Fecha: 2006

Título: “Ponencia marco” Libro de Actas Contart´2006
Autores: Ramírez de Arellano Agudo, A.
Lugar de publicación: Valladolid
Fecha: 2006

Título: “Glosario de sostenibilidad en la construcción”
Editorial: AENOR
Fecha: 2007

Título: “Guía IDAE”
Fecha: 2007

Título: “Informe de Sostenibilidad en Andalucía 2007”
Editorial: EOI

Fecha: 2007

Título: “Indicadores ambientales”

Editorial: IHOBE

Fecha: 2007

Título: “Informe regional sobre los modelos de construcción sostenible en Andalucía”

Editorial: EOI/ FLC

Título: “An introduction to the Resources and Energy Analysis Programme (REAP).”

Editorial: Stockholm Environment Institute (SEI)

Título: “Component ecological footprint: developing sustainable scenarios”

Autores: John Barrett

Título: “An ecological footprint of Liverpool: developing sustainable scenarios”

Autores: John Barrett

Editorial: Global footprint network

Título: “Combining local action with community legislation implementation. The example of the Display Campaign for the voluntary display of municipal buildings’ energy consumption, water use and CO₂ emissions.”

Autores: Gérard Magnin and Meter Schilken.

Título: “DECISIÓN No 1600/2002/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 22 de julio de 2002 por la que se establece el Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente”

Autores: AAVV

Título: “Síntomas biológicos del cambio climático”

Autores: Peñuelas, Joseph.

Editorial: Unidad de Ecofisiología CSIC-CREAF.

Lugar de publicación: Barcelona

Título: “Environmental Design. An Introduction”

Autores: Blennerhassett E.

WEBS

Educacionales enseñanza medioambiental

Building Energy Efficiency Research (BEER)

<http://www.arch.hku.hk/research/BEER/>

CLEAR Comfortable Low Energy Architecture

<http://www.learn.londonmet.ac.uk/packages/clear/index.html>

COAC Medi Ambiente

<http://www.coac.net/mediambient/>

Web de Medi Ambient – UPC

<http://www.upc.edu/mediambient>

Desarrollo sostenible

ASADE American Society for African Development and Education

<http://www.asade.org/>

Fundación Ecología y Desarrollo

<http://www.ecodes.org/>

Fundación Entorno

<http://www.fundacionentorno.org/>

Internacional Institute for Sustainable Development

<http://www.iisd.org/>

UN-HABITAT – United Nations Human Settlements Programme

<http://www.unhabitat.org/>

US Municipalities Undertaking Sustainability Initiatives- LA21 Initiatives

<http://www.iclei.org/index.php?id=391>

Worldwatch Institute

<http://www.worldwatch.org/>

Young Leaders

<http://www.youngleaders.lead.org/>

Energías renovables

Agencia Local de la Energía de Sevilla

<http://www.oilwatch.org.ec/>

CENER Centro Nacional de Energías Renovables

<http://www.cener.com/>

Energías Renovables, el periodismo de las energías limpias

<http://www.energias-renovables.com/paginas/index.asp>

Internacional Energy Agency

<http://www.iea.org/>

L'Institut Català d'Energia

<http://www.icaen.net/>

SODEAN Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía

<http://www.sodean.es/>

Medioambiente

ERP Environment

<http://www.erpenvironment.org/>

Internacional Institute for Environment and Development

<http://www.iied.org/>

Sostenibilidad

Agenda Construcció Sostenible – Agenda de la Construcción Sostenible

<http://www.csostenible.net/>

Biblioteca CF+S

<http://www.habitat.aq.upm.es/>

Construcció sostenible

<http://www.gencat.net/mediamb/sosten/construccio/index.htm>

CRBS Centro de Recursos Barcelona Sostenible

<http://www.bcn.es/agenda21/crbs/>

Earth Day Footprint Quiz

<http://www.earthday.net/footprint/index.asp>

Warmer-Bulletin

<http://www.isrcer.org/warmerbuttetin.asp?Languageld=1>

Sistemas clasificación sostenibilidad

BREEAM BRE Environmental Assessment Method

<http://www.breeam.org/retail.html>

LEED Leadership in Energy and Environmental Design

<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>

Services from BRE Health and safety

http://www.bre.co.uk/services/Access_to_building.html

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. Green Building Rating System For Core and Shell Development (LEED-CS). Unballoted Draft for Pilot Versión. (Basad on LEED-NC v2.1). September 2003. (Última revisión 22/03/2005)

<http://www.usgbc.org/LEED>

Información, revistas y publicaciones

Biblioteca Digital de la OEI.

<http://www.campus-oei.org/oeivirt/eduytrabajo.htm>

Ciudades para un Futuro más Sostenible

<http://www.habitat.aq.upm.es/>

Ecoespaña

<http://www.buenosdiasplaneta.org/>

EUROPA – Environment – publications – Urban Environment

<http://www.europa.eu.int/comm/environment/pubs/urban.htm>

IdeaSostenible.org

<http://www.ideasostenible.org>

Medi Ambient Governança i desenvolupament sostenible

http://www.mediambient.gencat.net/cat/el_departament/revista/35/inici.jsp

Red de Revistas Científicas Españolas . REVICIEN

<http://www.revicien.net/>

Revista Ecosistemas

<http://www.revistaecosistemas.net/>

Revista Iberoamericana de Educación

http://www.campus-oei.org/revista/salida_form.htm

Revista Word Watch – Edición en Castellano

<http://www.Nodo50.org/worldwatch/>

ScienceDirect

<http://www.sciencedirect.com/>

Sostenible

<http://www.sostenible.es/pubportada/inici.asp>

The World Wide Web Virtual Liblary Sustainable Development

<http://www.ulb.ac.be/ceese/meta/sustvl.html>

WRI Publications

<http://www.pubs.wri.org/>

ARQUITECTURA MEDIOAMBIENTAL. ESPAÑA EXPOSICIONES.

<http://www.arquiambiental.com/default.asp>

Comisión europea, Directiva 98/181/CE, CECA y EURATOM del Consejo y de la Comisión, de 23 de septiembre de 1997, relativa a la conclusión, por parte de las Comunidades Europeas, del Tratado sobre la Carta de la Energía y el Protocolo de la Carta de la Energía sobre la eficacia energética y los aspectos medioambientales relacionados.

<http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/s14000.htm>

Comisión Europea, Comunicación de la Comisión, de 14 de octubre de 1998: reforzar la integración de la dimensión del medio ambiente en la política energética europea.

<http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/s14000.htm>

Comisión Europea, Decisión 1999/170/CE del Consejo, de 25 de enero de 1999, por la que se aprueba un programa específico de investigación, desarrollo tecnológico y demostración sobre “Energía, medio ambiente y desarrollo sostenible” (1998-2002) [Diario Oficial L 64 de 12.3.1999]
<http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/s14000.htm>

Comisión Europea, Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa al rendimiento energético de los edificios [Diario Oficial L 001 de 4.1.2003]
<http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/s14000.htm>

Portales sobre sostenibilidad

Arquitectura MedioAmbiental

<http://www.tapic.info/arquitectura.medioambiental/>

AuS – Arquitectura i Sostenibilitat

<http://www.auscatalunya.blogspot.com/>

Con-Ciencia Sostenible

<http://www.auscatalunya.blogspot.com/>

Ecoestrategia Ecología Medio Ambiente Economía

<http://www.ecoestrategia.com/>

Ecosustainable Links – Eco Sustainable Gateway & Resources

<http://www.ecosustainable.com.au/links.htm>

INFOAMBIENTE- El portal para profesionales de energía y medio ambiente.

<http://www.infoambiente.com/cgi-bin/ambiente.cgi>

ISI Web of Knowledge

<http://www.isiwebofknowlekg.com/aboutwok.html>

ACV

Building LCA Project Building Environmental Improvement Links

<http://www.buildlca.rmit.edu.au/links.html>

Congresos

11th Annual Internacional Sustainable Development Research Conference

<http://www.uta.fi/conference/sdrc2005/>

IASME WSEAS Internacional Conference on Energy, Environment and Sustainable Development
2005

<http://www.worldses.org/conferences/2005/greece/energy/index.html>

Internacional Sustainability Conference

<http://www.isc2005.ch/>

PLEA 2005

<http://www.ndu.edu.lb/newsandevents/plea2005/>

CICS: Congreso Internacional de Construcción Sostenible Sevilla 2007

<http://www.decoesfera.com/eventos/cics-congreso-internacional-de-construccion-sostenible-en-sevilla>

9.3. Bibliografía generada

En todo proyecto de investigación, se considera fundamental, para mejorar el acercamiento de la información al investigador en general, incluir un plan de difusión de los resultados en publicaciones profesionales, a fin de estimular la curiosidad del lector, así como establecer una estrategia que permita la localización rápida de los resultados de las investigaciones.

El efecto de sinergia que se consigue poniendo en contacto a investigadores que se ocupan de las mismas cosas es grande y beneficia a todos. La mejor forma de ayudar en este aspecto de transmisión mutua de los conocimientos, es darse a conocer, siendo necesario no sólo traspasar el ámbito de la Universidad de origen, sino alcanzar el trasvase de conocimientos entre universidades de otros países.

De ahí el intercambio de información y publicaciones conjuntas realizadas con la Facultad de Arquitectura de la Universidad Tecnológica de Cracovia (Wydział Architektury Politechnika Krakowska) en Polonia, cuyos resultados han sido publicados tanto en su idioma origen como en inglés; así como publicaciones en web realizadas con entidades privadas dedicadas a la investigación en el ámbito de la Sostenibilidad y la Ecoeficiencia, como es el Environmet Centre en Southphampton, England.

Así pues, he llevado a cabo la difusión de los avances realizados en mi investigación conforme han sido obtenidos, a fin de que pudiera servir de manera inmediata a otros investigadores. Esto da lugar a la exposición de la presente bibliografía generada en este proceso, en la que podemos observar la trayectoria investigadora que en el tiempo ha experimentado nuestro trabajo.

El criterio elegido para su clasificación ha sido el de su orden cronológico de publicación. Lógicamente, en nuestras propuestas de actuación futuras se propone continuar con este plan de difusión.

Título: “Análisis medioambiental de la calidad de los proyectos de viviendas: gestión ecoeficiente de los recursos”. (Comunicación)

Autores: Huete Fuertes, Ricardo; Conradi Galnares, Esperanza; Mercader Moyano, M^a del Pilar

Título del libro: I Jornadas de investigación en Construcción

Editorial: AMIET

ISBN: 84-931709-4-1

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Junio 2.005

Título: “Modulo 8. Externalidades y Medio ambiente”. (Ponencia)

Autor: Mercader Moyano, M^a del Pilar

Título: VII Maestría en energías renovables: Arquitectura y Urbanismo. La Ciudad Sostenible.

Editorial: Sin publicación.

Lugar de celebración: Universidad Internacional de Andalucía. Sede Iberoamericana Santa María de La Rábida (Huelva).

Fecha: Junio 2.005

Título: “Suspurpol: Por una construcción sostenible.” (Comunicación)

Autores: AAVV

Título del libro/DVD: Segundas Jornadas sobre Investigación en Arquitectura y Urbanismo

Editorial: Escuela de Arquitectura del Vallés. Sant Cugat del Vallés (Barcelona)

ISBN: 84-690-0834-X

Lugar de publicación: Sant Cugat del Vallés (Barcelona – España)

Fecha: Septiembre 2.006

Título: “Eco-construcción. Identificación y cuantificación de recursos en el Modelo Constructivo Convencional.” (Ponencia)

Autor: Mercader Moyano, M^a del Pilar

Título: Jornada Internacional sobre Construcción Sostenible

Editorial: Pendiente de publicación

DL: Pendiente de publicación

Lugar: Sede del Colegio Oficial de Aparejadores y Arq. Técnicos de Sevilla (España)

Fecha: Noviembre 2.006

Título: “Jornada Internacional sobre Construcción Sostenible”.(Artículo en Revista)

Autores: Marrero Meléndez, Madelyn; Mercader Moyano, M^a del Pilar; De Montes Delgado, M^a Victoria; Jiménez Díaz, Manuel; Solís Guzmán, Jaime; Lucas Ruiz, Rafael

Título de la revista: ECO Construcción (número 3)

Editorial: Omnimedia, s.l.

DL: M-19132-2006

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Diciembre 2.006

Título: “Analiza Sytuacji Budownictwa Zrownowazonego w Andaluzji. / Overview of Andalusia Sustainable. Construction Situation.” (Artículo en libro)

Autores: De Montes Delgado, M^a Victoria; Jiménez Díaz, Manuel; Lucas Ruiz, Rafael; Marrero Meléndez, Madelyn; Mercader Moyano, M^a del Pilar; Ramirez de Arellano Agudo, Antonio; Solís Guzmán, Jaime.

Título del libro: Czasopismo Techniczne A

Editorial: dr hab. inż. arch. Grazyna Schneider-Skalska, prof. PK. prof. dr. hab. inż. Arch. Waclaw Seruga

ISSN: 0011-4561/1897-6271

Lugar de publicación: Kraków (Polonia)

Fecha: 2.007

Título: “Suspurpol w Andaluzji: biznes i przygotowania do realizacji /Suspurpol in Andalusia: business and delivery led activities.” (Artículo en libro)

Autores: Marrero Meléndez, Madelyn; Mercader Moyano, M^a del Pilar; Solís Guzmán, Jaime.

Título del libro: Srodowisko Mieszkanione / housing Environment

Editorial: Katedra Ksztattowania Srodowiska Mieszkaniowego, Politechnika Krakowska

ISSN: 1731-2442

Lugar de publicación: Kraków (Polonia)

Fecha: Mayo 2007

Título: “Suspurpol: Barreras a la sostenibilidad”. (Comunicación)

Autores: De Montes Delgado, M^a Victoria; Jiménez Díaz, Manuel; Marrero Meléndez, Madelyn; Mercader Moyano, Pilar; Solís Guzmán, Jaime

Título del libro: I Jornada Nacional de Investigación en Edificación

Editorial: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid.

ISBN: 978-84-690-5531-1

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Mayo 2.007

Título: “La guía Suspurpol sobre construcción sostenible” (Comunicación)

Autores: AAVV.

Título del libro: II Jornadas de Investigación en Construcción

Editorial: Instituto de Ciencias de la Construcción “Eduardo Torroja”

ISBN: 978-84-7292-367-6

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Mayo 2.008

Título: “Cuantificación de los recursos, consumo energético y emisiones de CO₂ producidas en las Construcciones Andaluzas” (Comunicación)

Autores: Ramírez de Arellano Agudo, A.; Olivares Santiago, M.; Mercader Moyano, P.

Título del libro: II Jornada de Investigación en la Edificación

Editorial: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, Universidad Politécnica de Madrid.

ISBN: 978-84-691-4783-2

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Julio 2.008

Título: “SusPurPol in Andalucía: a “mature” region engaged in sustainable development “. (Publicación en Internet)

Autores: AAVV

Título del libro: SusPurPol project – a blue print for a sustainable purchasing and development policy.

Lugar publicación: <http://www.environmentcentre.com/SusPurPol/SusPurPolHome.php>

Fecha: Septiembre 2008

Título: “Cuantificación de las emisiones de CO₂ producidas en las construcciones de Andalucía a partir de la cuantificación de los recursos consumidos” (Comunicación)

Autores: Ramírez de Arellano Agudo, A.; Olivares Santiago, M.; Mercader Moyano, P.

Título del libro/DVD: “Actas de la V Convención Técnica y Tecnológica de la Arquitectura

Técnica” (CONTART 2009).

Editorial: Consejo de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Castilla y León.

DL: Pendiente de publicación

Lugar de publicación: Valladolid (España)

Fecha: 2009

Título: “Energy consumption and CO₂ emissions in Seville construction and its implications for the kyoto Protocol.”. (Poster)

Autores: Mercader Moyano, P.; Olivares Santiago, M.; Ramírez de Arellano Agudo, A.

Título del libro: I Congreso Internacional de Investigación en Edificación

Editorial: Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. Universidad Politécnica de Madrid.

ISBN: 978-84-692-3580-5

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: Junio 2.009

Título: “Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación”
(Artículo en revista, actualmente en revisión para su publicación)

Autores: Mercader-Moyano, P.; Marrero Meléndez, M; Solís-Guzmán, J.; Montes-Delgado, V.;
Ramírez-de-Arellano, A.

Título de la revista: “Informes de la Construcción”.

Editorial: Instituto de Ciencias de la Construcción (CSIC) Eduardo Torroja

ISBN: Pendiente de publicación

Lugar de publicación: Madrid (España)

Fecha: 2010



Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO₂ producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto

**M^a del Pilar Mercader Moyano
Sevilla 2010**

**Dr. D. Manuel Olivares Santiago
Dr. D. Antonio Ramírez de Arellano Agudo**

